



**TUGAS AKHIR - SF 141501**

**IDENTIFIKASI MANIFESTASI PANAS BUMI MENGGUNAKAN  
METODE CONTINUOUS WAVELET TRANSFORM**

**Shona Arum Fajartika  
NRP 1113100088**

**Dosen Pembimbing  
Prof. Dr. rer.nat. Bagus Jaya Santosa, S.U  
Dr. Sungkono**

**DEPARTEMEN FISIKA  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**





**TUGAS AKHIR - SF 141501**

**IDENTIFIKASI MANIFESTASI PANAS BUMI  
MENGUNAKAN METODE *CONTINUOUS WAVELET  
TRANSFORM***

**Shona Arum Fajartika  
NRP 1113100088**

**Dosen Pembimbing  
Prof. Dr. rer.nat. Bagus Jaya Santosa, S.U  
Dr. Sungkono**

**DEPARTEMEN FISIKA  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**



**FINAL PROJECT - SF 141501**

**IDENTIFICATION GEOTHERMAL MANIFESTATION  
USING CONTINUOUS WAVELET TRANSFORM**

**Shona Arum Fajartika  
NRP 1113100088**

**Advisors  
Prof. Dr. rer.nat .Bagus Jaya Santosa, S.U  
Dr. Sungkono**

**Department of Physics  
Faculty of Mathematics and Science  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**

**PENERAPAN *CONTINUOUS WAVELET TRANSFORM*  
(CWT) PADA DATA *SELF-POTENTIAL* STUDI KASUS DI  
TANGGAL LUMPUR SIDOARJO**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan  
Program S-1  
Pada  
Bidang Studi Fisika Bumi  
Program Studi S-1 Departemen Fisika  
Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Shona Arum Fajartika**  
Nrp. 1113 100 088

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. rer.nat. Bagus Jaya Santosa, S.U

(.....)

(.....)

2. Dr. Sungkono

(.....)



# **IDENTIFIKASI MANIFESTASI PANAS BUMI MENGUNAKAN MOTODE *CONTINUOUS WAVELET TRANSFORM***

**Penulis** : Shona Arum Fajartika  
**NRP** : 1113100088  
**Jurusan** : Fisika FMIPA ITS  
**Dosen Pembimbing** : Prof.Dr.rer.nat. Bagus Jaya Santosa,S.U  
Dr. Sungkono

## **Abstrak**

Indonesia tengah berupaya mengembangkan beberapa energi alternatif, salah satunya energi panas bumi di daerah Ngebel. Keberadaan sumber energi ini ditandai adanya manifestasi panas bumi seperti mata air panas naik ke atas permukaan melalui rekahan. Pada survey panas bumi, kandungan magnetik batuan dipengaruhi oleh temperatur Curie. Interpretasi data magnetik total secara kualitatif dan kuantitatif dilakukan untuk menganalisa data magnetik. Interpretasi kualitatif dilakukan pada hasil pengolahan data magnetik menggunakan kontinuitas ke atas dan reduksi ke kutub magnet sehingga diperoleh dugaan sesar dan persebaran anomali medan magnet daerah penelitian. Selain itu, dilakukan interpretasi kuantitatif menggunakan metode *continuous wavelet transform* (CWT). Sehingga diperoleh kedalaman dua rekahan masing-masing 363.59m dan 34.96m. Kemenerusan hasil interpretasi anomali menggunakan reduksi ke kutub serta analisa CWT menunjukkan kesesuaian sesar dengan peta geologi dari arah Selatan menuju Utara.

**Kata kunci** : CWT, magnetik, panas bumi, rekahan

## IDENTIFICATION GEOTHERMAL MANIFESTATION USING CONTINUOUS WAVELET TRANSFORM

**Name** : Shona Arum Fajartika  
**NRP** : 1113100088  
**Departement** : Fisika FMIPA ITS  
**Supervisor** : Prof.Dr.rer.nat. Bagus Jaya Santosa,S.U  
Dr. Sungkono

### **Abstract**

*Alternate energy is being developed by Indonesian researcher, one of the research is geothermal in Ngebel. The existence of this energy source has indicated by geothermal manifestations, such as hot springs that rise to the surface through the fractures. Geothermal survey found that magnetic substrate of mineral have influenced by Curie's Temperature. Total magnetic data have been interpreted qualitatively and quantitatively to analyze data. Qualitative interpretation is done with determine the upward continuation and magnetic pole reduction, its purpose to suppose the faults and magnetic anomaly distribution area. In the other hand, quantitative interpretation is also done with Continuous Wavelet Transform (CWT) method. For the results, faults depth have been obtained are 363.59m and 34.96m. the interpretation result of anomaly which have been done by pole reduction and CWT analyze show the faults suitability from South to North.*

**Keywords** : CWT, magnetic, geothermal, fractures.

*“ halaman ini sengaja dikosongkan ”*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur Penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir di jurusan Fisika FMIPA ITS dengan judul :

**“IDENTIFIKASI MANIFESTASI PANAS BUMI MENGGUNAKAN MOTODE *CONTINUOUS WAVELET TRANSFORM*”**. Penulis menyadari bahwa terselesainya penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof.Dr.rer.nat. Bagus Jaya Santosa,S.U dan Dr. Sungkono M. Si, selaku dosen pembimbing tugas akhir yang senantiasa tulus memberi motivasi dan ilmu dalam membimbing penulis.
2. Orang tua penulis Shokib S.Pd (Alm) dan Suli Gunawati S.Pd, adik penulis Anisah Rahmah dan keluarga yang selalu memberikan doa dan dukungan positif untuk penulis.
3. Bapak Dr.rer.nat. Eko Minarto dan Dr. Sudarsono selaku dosen penguji tugas akhir.
4. Wildatun Islamiyah, Devi Nurulfa, Yosita Rahadini, Rayhan Syauqiyah, Meindy Fortunawati terkasih yang selalu menemani, memberikan semangat, dan dukungan positif untuk penulis selama ini.
5. Shafitri Wulandari, Azizah, Artika Wijayanti, Devi, Rayhan terhebat yang selalu memberikan masukan, semangat, dan pembelajaran untuk penulis.
6. Aulia Urohman, Uunk, Mas Adi, Mas Yayan, Mas Fikri, Mas Reksa, Mas Sodaq, Mas Mashuri selaku teman dan senior penulis di lab Geofisika yang sudah memberikan pembelajaran, pengetahuan luas, dan nasihat untuk penulis.
7. Bapak Dr.Zainuri, selaku dosen wali yang senantiasa tulus memberi motivasi dan ilmu dalam membimbing penulis.

8. Bapak Dr. Yono Hadi Pramono, M.Eng, selaku Ketua Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
9. Teman-teman Supernova (Fisika angkatan 2013), atas kekeluargaannya selama ini yang selalu terjalin.
10. Semua pihak yang turut membantu dalam menyelesaikan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan laporan ini terdapat kesalahan. Sehingga penulis meminta kritik dan saran pembaca yang dapat membantu untuk menyempurnakan laporan ini. Akhir kata semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak. Aamiin Ya Rabbal Alamiin.

Surabaya, Juli 2017  
Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN MUKA .....	i
COVER .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
ABSTRAK .....	iv
ABSTRACT .....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	1
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan masalah .....	2
1.5 Manfaat penelitian.....	2
1.6 Sistematika Penulisan .....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Deskripsi Wilayah.....	5
2.2 Manifestasi Panas Bumi .....	6
2.3 Metode Geomagnetik.....	7
2.4 Medan Magnetik Bumi .....	9
2.5 <i>Upward Continuous</i> (Kontinuasi Ke Atas) .....	11

2.6	<i>Reduction To The Pole</i> (Reduksi ke Kutub).....	12
2.7	Metode Continous Wavelet Transform (CWT).....	13
BAB III METODOLOGI .....		19
3.1	Perangkat Lunak.....	19
3.2	Prosedur Kerja.....	19
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN .....		23
4.1	Interpretasi Kualitatif .....	23
4.1.1	Anomali Medan Magnet.....	23
4.1.2	Kontinuasi Ke Atas.....	25
4.1.3	Reduksi Ke Kutub .....	25
4.2	Hasil Analisa Ekstrema Metode <i>Continuous Wavelet Transform</i> (CWT) .....	27
4.3	Hasil Estimasi Kedalaman dan Posisi Metode <i>Continuous Wavelet Transform</i> (CWT).....	29
4.4	Interpretasi Hasil Reduksi Ke Kutub Magnet, CWT dan Geologi Regional.....	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		39
5.1	Kesimpulan .....	39
5.2	Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA.....		41
LAMPIRAN .....		43
BIODATA PENULIS.....		73

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta geologi daerah penelitian Ponorogo, Jawa Timur.	6
Gambar 2.2 Komponen-komponen medan magnetik bumi.....	9
Gambar 2.3 Anomali magnetik sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) dilakukan reduksi ke kutub magnetik (Blakely, 1995).	12
Gambar 2.4 PKF pada ruang Fourier dengan komponen rill dan imajiner. V1 hingga V5 adalah turunan vertikal ke 1 hingga 5. H1 hingga H5 adalah turunan horizontal ke 1 hingga 5. ....	15
Gambar 2.5 Hasil proyeksi garis ekstrema positif dan negatif untuk mengidentifikasi posisi dan kedalaman sumber potensial bawah permukaan.....	16
Gambar 2.6 Visualisasi phase dan modulus tomografi multi skala data magnetik(Saracco et al., 2007).....	17
Gambar 2.7 Visualisasi transformasi wavelet real multi skala data magnetik (Saracco et al., 2007).....	18
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian. ....	20
Gambar 4.1 Peta kontur intensitas magnetik total dan lokasi manifestasi panas bumi (simbol bintang). ....	24
Gambar 4.2 Peta kontur beserta sayatannya dan lokasi manifestasi panas bumi dengan simbol bintang.....	24
Gambar 4.3 Peta kontur anomali lokal pada kontinuitas ke atas 40m. ....	26
Gambar 4.4 <i>Overlay</i> peta kontur anomali magnet hasil reduksi ke kutub beserta indikasi sesar (KK')......	27
Gambar 4.5 Visualisasi phase dan modulus sayatan E-E' <i>wavelet</i> vertikal pada turunan kedua (V2) .....	30
Gambar 4.6 Visualisasi real sayatan EE' <i>wavelet</i> vertikal dengan dua titik anomali. ....	32
Gambar 4. 7 Perbandingan medan magnetik dengan posisi serta kedalaman titik anomali sumber medan potensial magnetik pada sayatan AA' .....	34

Gambar 4.8 Perbandingan medan magnetik dengan posisi serta kedalaman titik anomali sumber medan potensial magnetik pada sayatan BB' .....	35
Gambar 4.9 Perbandingan medan magnetik dengan posisi serta kedalaman titik anomali sumber medan potensial magnetik pada sayatan CC' .....	35
Gambar 4.10 Perbandingan medan magnetik dengan posisi serta kedalaman titik anomali sumber medan potensial magnetik pada sayatan DD' .....	36
Gambar 4.11 Perbandingan medan magnetik dengan posisi serta kedalaman titik anomali sumber medan potensial magnetik pada sayatan EE' .....	37
Gambar 4.12 Overlay titik-titik anomali terhadap peta reduksi ke kutub magnet bumi dengan indikasi sesar (garis putus-putus) serta peta geologi daerah survey. ....	38

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 4.1 Hasil analisa kedalaman dan posisi anomali dengan metode CWT .....	33
------------------------------------------------------------------------------	----

*“ halaman ini sengaja dikosongkan ”*



## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Hasil Pengolahan dengan Menggunakan CWT pada Sayatan AA' .....	43
Lampiran 2. Hasil Pengolahan dengan Menggunakan CWT pada Sayatan BB' .....	50
Lampiran 3. Hasil Pengolahan dengan Menggunakan CWT pada Sayatan CC' .....	54
Lampiran 4. Hasil Pengolahan dengan Menggunakan CWT pada Sayatan DD' .....	60
Lampiran 5. Hasil Pengolahan dengan Menggunakan CWT pada Sayatan EE' .....	66

*“ halaman ini sengaja dikosongkan ”*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia tengah berupaya mengembangkan beberapa energi alternatif, salah satunya energi panas bumi atau *geothermal energy* di daerah Ngebel (Zamroni, 2014). Keberadaan sumber energi ini ditandai adanya manifestasi panas bumi seperti mata air panas naik ke atas permukaan melalui rekahan (Supriyanto, 2009). Hal tersebut disebabkan adanya batuan beku atau *hot rock* yang berperan sebagai sumber panas. Dugaan adanya batuan ini, didukung dengan aktivitas vulkanik Gunung Wilis.

Metode geomagnetik merupakan salah satu metode geofisika pasif yang dapat memberikan informasi keadaan bawah permukaan berdasarkan sifat kemagnetan batuan. Pada survey panas bumi, kandungan magnetik batuan dipengaruhi oleh temperatur Curie. Pengaruh ini memungkinkan anomali magnetik bernilai rendah yang disebabkan oleh hilangnya sifat kemagnetan batuan. Akibatnya nilai medan magnet total akan bervariasi dari lingkungannya. Untuk menganalisa posisi dan kedalaman suatu sumber anomali magnetik.

Moreau et al. (1997) mengusulkan *Poisson Kernel Family* (PKF) untuk menentukan posisi dan kedalaman sumber sinyal (*self-potential*, magnetik dan gravitasi) yang terukur. Pada studi sebelumnya CWT terbukti dapat dengan baik mengidentifikasi kedalaman sumber medan potensial (data magnetik, *self potential* (SP), dan *gravity*). CWT dapat menentukan posisi dan kedalaman tanpa melalui pemodelan kedepan. CWT juga berfungsi sebagai *filter noise*, yang pada umumnya *filter noise* dilakukan secara terpisah dengan pemodelan. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan identifikasi kedalaman dan posisi sumber anomali manifestasi panas menggunakan metode CWT.

### **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas dapat dirumuskan beberapa pokok permasalahan, yaitu:

1. Bagaimana menentukan persebaran anomali berdasarkan data magnetik?
2. Bagaimana estimasi posisi dan kedalaman anomali medan magnetik menggunakan metode CWT?
3. Bagaimana meidentifikasi arah rekahan menggunakan data magnetik?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui persebaran anomali berdasarkan data magnetik.
2. Estimasi posisi dan kedalaman sumber anomali menggunakan metode CWT.
3. Mendeteksi arah rekahan menggunakan data magnetik.

### **1.4 Batasan masalah**

Agar permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini lebih spesifik, maka permasalahan ini dibatasi hanya pada hal-hal berikut ini:

1. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data magnetik yang telah dikoreksi harian dan IGRF.
2. Penentuan posisi dan kedalaman anomali sumber medan potensial daerah survey menggunakan metode CWT.
3. Perangkat lunak yang digunakan adalah MATLAB R2009a, MagPick, Surfer.

### **1.5 Manfaat penelitian**

Hasil tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan pemahaman :

1. Penerapan metode CWT pada data magnetik.
2. Penyebab terjadinya fenomena manifestasi panas bumi, Desa Wagir Lor, Kec. Ngebel, Kab. Ponorogo.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Penulisan laporan tugas akhir ini tersusun dari empat bab yang saling berkaitan. Bab I menjelaskan latar belakang penelitian ini,

tujuan yang dapat dicapai, batasan masalah, manfaat penelitian tugas akhir, dan sistematika penulisan. Bab II menjelaskan tinjauan pustaka yang di dalamnya terdapat geologi regional daerah survey, konsep manifestasi panas bumi, metode geomagnetik, medan magnetik bumi, *Upward Continuation*, reduksi ke kutub dan metode CWT. Bab III menjelaskan proses pengolahan data magnetik meliputi studi literatur, interpretasi kualitatif, pengolahan data magnetik dengan metode CWT, dan interpretasi hasil. Bab IV menjelaskan data yang digunakan, analisa kualitatif, pembahasan mengenai hasil pengolahan data menggunakan metode CWT dan interpretasi hasil. Terakhir, Bab V merupakan kesimpulan dan saran dari penelitian yang dilakukan.

*“ halaman ini sengaja dikosongkan ”*

## **BAB II**

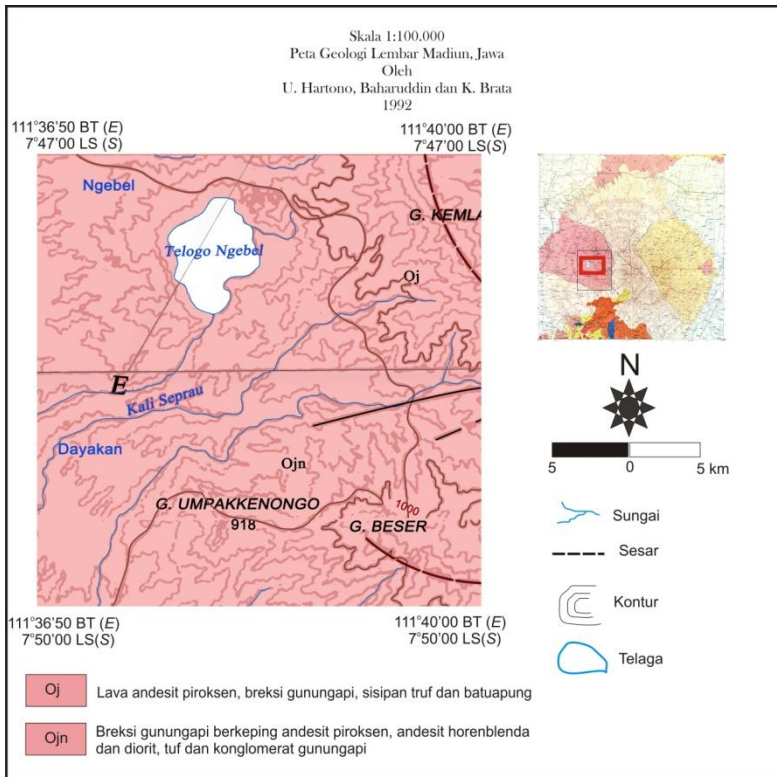
### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Deskripsi Wilayah**

Daerah panas bumi Telaga Ngebel terletak di Provinsi Jawa Timur. Secara geografis terletak pada posisi 7°47' – 7°50' LS dan 111°36'50 – 111°40' BT (Gambar 2.1). Luas daerah panas bumi Ngebel sekitar 49.550 Ha (17,48 km x 28,35 km). Potensi energi panas bumi Ngebel ditunjukkan adanya manifestasi berupa fumarol, air panas, gas CO<sub>2</sub>, dan batuan alterasi. Energi panas bumi Ngebel telah ditetapkan sebagai WKP (Wilayah Kerja Pertambangan berdasarkan surat keputusan Menteri ESDM No 1788 K/33/MEM/2007 tanggal 23 Mei 2007. Potensi energi panas bumi Ngebel berasal dari aktivitas vulkanik Gunung Wilis. Potensi panas bumi Ngebel ditunjukkan dengan adanya manifestasi tersebar di beberapa lokasi, yaitu:

- a. Fumarol terdapat di Glagahombo, pada lereng bagian selatan Telaga Ngebel. Fumarol memiliki suhu 87,7°C.
- b. Air panas muncul di daerah Padusan, Umbul dan Glagahombo bersifat asam dengan pH < 2. Air panas Padusan juga berada di selatan Telaga Ngebel dengan suhu 74°C dan bersifat netral. Air panas ini berada di kaki Gunung Wilis bagian barat.
- c. Aktivitas gas CO<sub>2</sub> disertai dengan munculnya air dingin berada di sebelah selatan fumarol Glagahombo.
- d. Batuan alterasi dapat ditemui di sepanjang sungai sekitar lokasi mata air panas Padusan.

Berdasarkan data landaian suhu, sumber panas kawasan energi panas bumi Ngebel disebabkan oleh batuan intrusi diorite (Zamroni, 2013).



Gambar 2.1 Peta geologi daerah penelitian Ponorogo, Jawa Timur.

## 2.2 Manifestasi Panas Bumi

Keberadaan suatu sistem panas bumi pada umumnya dicirikan dengan adanya manifestasi dipermukaan. Manifestasi permukaan ini bisa keluar secara langsung seperti mata air panas. Manifestasi panas bumi dipermukaan diperkirakan terjadi akibat adanya perambatan panas dari bawah permukaan atau karena adanya zona permeabel yang memungkinkan fluida mengalir ke permukaan (Suharno, 2013). Mengidentifikasi zona permeabel seperti patahan atau rekahan dapat dilakukan dengan menggunakan metode geofisika.



### 2.3 Metode Geomagnetik

Metode geomagnetik mengukur variasi medan magnetik permukaan bumi akibat variasi medan magnetisasi benda. Untuk medium isotropik dan homogen, magnetisasinya berbanding lurus dengan medan magnet yang dinyatakan sebagai intensitas medan magnet  $H$  (Zaki, 2000) pada Persamaan 2.1.

$$M = \chi_m H \quad 2.1$$

Nilai suseptibilitas magnetik dinyatakan sebagai  $\chi_m$  dan  $M$  adalah intensitas magnetisasi dinyatakan dalam satuan  $\text{Am}^{-1}$ . Suseptibilitas magnetik merupakan kemampuan suatu benda termagnetisasi oleh medan magnet lain. Sedangkan intensitas magnetisasi adalah besaran yang menyatakan intensitas kesearahan momen-momen magnetik dalam suatu benda akibat pengaruh medan magnet luar di sekitarnya.

Nilai suseptibilitas magnetik pada ruang hampa yaitu nol. Hal ini disebabkan oleh benda berwujud yang dapat dipengerahui medan magnet di sekitarnya. Karakteristik dan kandungan suatu mineral batuan merupakan faktor yang mempengaruhi nilai suseptibilitas suatu bahan (Telford et al., 1990). Nilai  $\chi_m$  pada batuan akan semakin besar apabila terdapat banyak mineral-mineral bersifat magnetik (Hinze et al., 2013). Berdasarkan nilai suseptibilitas magnetik pada kandungan bahannya, material dapat dibedakan menjadi:

#### 1. Feromagnetik

Material feromagnetik memiliki interaksi antara atom-atom penyusunnya kuat berikatan sehingga momen semua atom dalam suatu daerah memiliki arah yang sesuai dengan medan magnet luar yang mempengaruhinya. Sifat bahan ini yaitu memiliki kerentanan magnet yang bergantung dari gaya kemagnetan yang diinduksi. Sifat-sifat feromagnetik akan hilang apabila terjadi kenaikan temperatur hingga mencapai temperatur Curie. Pengaruh temperatur Curie terhadap suseptibilitas suatu material dapat dinyatakan pada Persamaan 2.2.

$$\chi_m = \frac{C}{T} \quad 2.2$$

dengan  $C$  adalah konstanta Curie dan  $T$  adalah temperatur Kelvin. Temperatur Curie pada setiap material memiliki nilai yang berbeda-beda.

## 2. Paramagnetik

Nilai suseptibilitas material bersifat paramagnetik adalah positif. Medan magnet pada material akan timbul apabila termagnetisasi oleh medan magnet luar. Nilai suseptibilitas magnetik material turun bila temperatur naik. Jika pengaruh ini hilang, maka medan magnet material pun akan menghilang.

## 3. Diamagnetik

Material-material yang memiliki nilai suseptibilitas negatif. Nilai negatif menunjukkan intensitas induksi bahan magnetik berlawanan arah dengan gaya medan magnetnya. Bahan diamagnetik terbentuk akibat pergerakan elektron mengelilingi inti. Contoh material diamagnetik antara lain, marmer, grafit, garam.

Diketahui pada ruang hampa koefisien magnetik  $\kappa_m$  sebesar 1 dan  $\mu = \mu_0$ . Hubungan koefisien magnetik dengan konstanta magnetik  $\mu$  dinyatakan pada Persamaan 2.3.

$$\kappa_m = \frac{\mu}{\mu_0} \quad 2.3$$

Konstanta magnetik  $\mu$  sering juga disebut dengan permeabilitas ruang hampa, sehingga koefisien magnetik disebut dengan permeabilitas relatif.

Suseptibilitas material diamagnetik tidak dipengaruhi temperatur yang secara matematis dapat dinyatakan dalam Persamaan 2.4.

$$B = \mu_0 (H + M) = \mu_0 (1 + \chi_m) H \quad 2.4$$

dengan koefisien magnetik

$$\kappa_m = 1 + \chi_m \quad 2.5$$

dengan demikian, diperoleh

$$B = \mu_0 \kappa_m H \quad 2.6$$

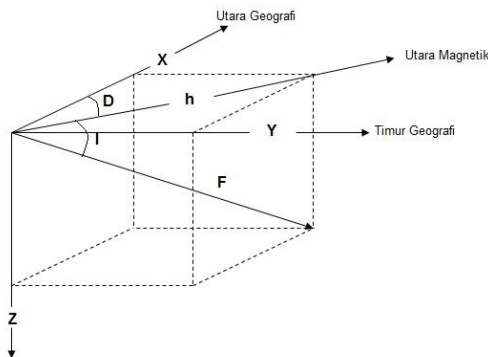
substitusi Persamaan 2.3 ke Persamaan 2.6, sehingga diperoleh nilai induksi medan magnet  $B$  dalam Tesla yang dinyatakan pada Persamaan 2.7.

$$B = \mu H \quad 2.7$$

## 2.4 Medan Magnetik Bumi

Medan magnet bumi secara sederhana dapat digambarkan sebagai medan magnet yang ditimbulkan batang magnet besar yang berada dalam inti bumi. Komponen medan magnetik bumi dapat diilustrasikan dalam bentuk kubus seperti pada Gambar 2.2. Komponen-komponen tersebut yaitu:

1. Deklinasi ( $D$ ) yaitu sudut antara utara magnetik dengan komponen horisontal yang dihitung dari utara menuju timur,
2. Inklinasi ( $I$ ) yaitu sudut antara medan magnetik total dengan bidang horisontal yang dihitung dari bidang horisontal menuju bidang vertikal bawah,
3. Intensitas horisontal ( $H$ ) yaitu besar medan magnetik total pada bidang horisontal,
4. Medan magnet total ( $F$ ) yaitu besar dari vektor medan magnetik total.



Gambar 2.2 Komponen-komponen medan magnetik bumi.

Sumber medan magnet yang tercatat pada alat eksplorasi magnetik yaitu :

### **1. Medan Magnet Utama**

Medan magnet utama merupakan medan magnet bumi dengan pengaruh  $\pm 99\%$ . Medan magnet utama merupakan medan hasil rata-rata pengukuran dalam jangka waktu yang cukup panjang. Medan magnet ini berubah-ubah nilainya terhadap waktu dan variasi perubahannya sangatlah kecil. Hal ini menyebabkan perlunya standar nilai untuk menyeragamkan nilai-nilai medan utama magnet bumi. Standar nilai ini disebut *International Geomagnetiks Reference Field* (IGRF) dengan pembaharuan setiap lima tahun sekali. Nilai-nilai tersebut diperoleh dari hasil pengukuran rata-rata pada setiap daerah dengan luas sekitar  $1 \times 10^6$  km yang dilakukan dalam kurun waktu satu tahun (Telford et al., 1990).

### **2. Medan Magnet Luar**

Medan magnet luar disebabkan oleh interaksi atmosfer bumi dengan komponen lain seperti sinar ultraviolet dan matahari yang menyebabkan adanya ionisasi. Sumber medan luar berhubungan dengan arus listrik yang berada pada lapisan atmosfer tersebut. Pengaruh medan luar terhadap medan total hanya  $\pm 1\%$ . Perubahan medan magnet dalam waktu singkat dengan periode harian dikenal dengan variasi harian. Variasi harian terjadi secara periodik dengan periode sekitar 24 jam dan jangkauan rata-rata 10 gamma hingga 30 gamma. Selain itu badai magnet (magnetik storm) juga menjadi sumber medan magnet luar. Pengukuran saat badai magnet tidak bisa dilakukan karena besar medan magnet yang dihasilkan oleh badai dapat mengganggu pengukuran (Telford et al., 1990).

### **3. Anomali Magnetik Lokal**

Anomali medan magnet bumi disebabkan adanya variasi medan magnet yang terukur pada permukaan bumi yang dihasilkan oleh batuan termagnetisasi akibat induksi medan magnet utama bumi merupakan target survey magnetik. Volume suatu bahan magnetik terdiri dari mineral-mineral bersifat magnetik dapat

dianggap sebagai bermacam-macam dipol magnetik yang dihasilkan oleh momen magnetik atom-atom penyusun (Telford et al., 1990).

Secara garis besar anomali medan magnetik disebabkan oleh dua faktor yaitu medan magnetik remanen dan medan magnetik induksi. Medan magnet remanen mempunyai peran yang besar pada magnetisasi batuan. Bila arah medan magnet remanen sama dengan medan magnet induksi, maka anomalinya akan bertambah besar dan sebaliknya. Dalam survey magnetik, efek medan remanen akan diabaikan apabila anomali medan magnet kurang 25% medan magnet bumi (Telford et al., 1990). Dengan demikian persamaan untuk menentukan anomali medan magnet dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\vec{B}_A = \vec{B}_T + \vec{B}_M + \vec{B}_0 \quad 2.8$$

dengan  $\vec{B}_A$  adalah anomali medan magnet,  $\vec{B}_T$  merupakan medan magnet total,  $\vec{B}_M$  adalah medan magnet utama bumi, dan  $\vec{B}_0$  yaitu medan magnet utama bumi.

## 2.5 Upward Continuous (Kontinuasi Ke Atas)

*Upward continuous* atau kontinuasi ke atas dilakukan untuk memisahkan anomali regional dan anomali lokal dari medan magnet total. Kontinuasi ke atas berfungsi untuk *smoothing* peta anomali dengan mengkoreksi pengukuran medan potensial ke dalam satu permukaan tertentu yang lebih tinggi dari permukaan pada saat melakukan pengukuran data. Cara ini diharapkan dapat menekan noise-noise frekuensi tinggi oleh benda-benda magnetik di sekitar permukaan yang tergabung dengan anomali yang diperoleh.

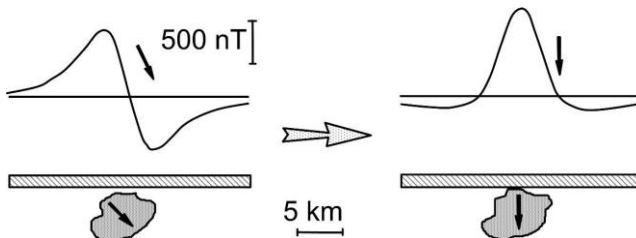
Prinsip dasar kontinuasi ke atas berasal dari identifikasi tiga teorema Green. Teorema ini menjelaskan apabila suatu fungsi  $U$  adalah harmonik, kontinu dan memiliki turunan yang kontinu di sepanjang daerah  $R$ , maka nilai  $U$  pada suatu titik  $P$  di dalam daerah  $R$  dapat dinyatakan pada Persamaan 2.9 (Blakely, 1995).

$$U(P) = \frac{1}{4\pi} \int_S \left( \frac{1}{r} \frac{\partial U}{\partial n} - U \frac{\partial}{\partial n} \frac{1}{r} \right) dS \quad 2.9$$

dengan  $S$  merupakan permukaan daerah  $R$ ,  $n$  menyatakan arah normal dan  $r$  menyatakan jarak dari titik  $P$  ke suatu titik pada permukaan  $S$ . Sehingga dari persamaan ini, medan potensial dapat dihitung pada setiap titik di dalam suatu daerah.

### 2.6 Reduction To The Pole (Reduksi ke Kutub)

Reduksi ke kutub atau reductions to the pole merupakan metode transformasi yang digunakan dalam proses interpretasi data magnetik. (Blakely, 1995) menjelaskan tujuan reduksi ke kutub yaitu untuk melokalisasi daerah-daerah anomali maksimum tepat berada di atas tubuh sumber anomali dan merubah inklinasi sesungguhnya dari daerah penelitian menjadi vertikal (Gambar 2.2).



Gambar 2.3 Anomali magnetik sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) dilakukan reduksi ke kutub magnetik (Blakely, 1995).

Transformasi ini didasari dengan adanya perbedaan nilai inklinasi dan deklinasi dari setiap daerah. Metode ini dilakukan dengan menggunakan asumsi bahwa pada seluruh lokasi pengukuran nilai medan magnet bumi yang memiliki arah dan nilai yang konstan (terutama  $I$  dan  $D$ ). Asumsi ini diterima apabila lokasi tersebut memiliki luas area yang relatif sempit. Namun hal ini tidak dapat diterima apabila area pengukuran sangat luas karena ini akan melibatkan lintang dan bujur yang bervariasi dan nilai medan magnet berubah secara bertahap.

Metode reduksi ke kutub dapat dilakukan melalui Fast Fourier Transform (FFT) (Blakely, 1995), dengan perumusan sebagai berikut:

$$F[\Delta T_r] = F[\psi_r] F[\Delta T] \quad 2.10$$

dengan

$$F[\psi_r] = \frac{1}{\theta_{mf}} \quad 2.11$$

Sehingga

$$F[\Delta T_r] = \frac{|k|^2}{1k_x^2 + a_2k_y^2 + a_2k_xk_y + i|k|(b_1k_xk_y + b_2k_y)} \quad 2.12$$

$F[\Delta T_r]$  merupakan transformasi Fourier intensitas magnetik ke kutub,  $F[\Delta T]$ . Sehingga diperoleh faktor transformasi fase dari lokasi penelitian ke kutub.

## 2.7 Metode Continous Wavelet Transform (CWT)

Pada tahun 1995 Holshneider mengembangkan *wavelet transform* (WT). Metode ini dapat menganalisa data dengan baik, yakni dapat melihat waktu dan frekuensi secara simultan. Dalam analisis bidang potensial seperti potensial medan magnetik, transformasi wavelet berfungsi untuk mencari posisi homogen penyebab suatu sumber medan dalam 1D (Mauri, 2010). Transformasi *wavelet* tidak hanya mengidentifikasi sumber tunggal, tetapi juga dapat memberikan informasi lebih rinci dengan menggunakan multi *wavelet* dengan singularitas bebas (Mallat, 2009). Transformasi *wavelet* adalah metode yang dapat mengkarakterisasi dan mengidentifikasi lokasi diskontinuitas atau perubahan yang signifikan dalam suatu analisa sinyal. Analisa kedalaman dan lokasi sumber anomali ini dapat dilakukan dengan bermacam-macam pendekatan. Terdapat dua pendekatan utama untuk WT yaitu *continuous wavelet transform* (CWT) dan *discrete wavelet transform* (DWT).

Dalam proses transformasi *wavelet* kontinu, suatu singularitas (anomali) dari suatu sinyal,  $s$ , biasanya digambarkan oleh eksponen

lokal yang diperoleh dari transformasi *wavelet* yang melintang pada kisaran dilatasi. Pada struktur medan potensial yang berasal dari sumber sinyal pengukuran dinyatakan dalam  $\alpha$  yang bernilai real. Ketika  $\alpha = -1$ , sumber anomali monopol dan ketika  $\alpha = -2$ , sumber anomali dipol. Sehingga transformasi *wavelet*  $L_{(b,a)}$ , dari suatu sinyal,  $s$ , oleh *wavelet*,  $g$ , pada medium homogen ditunjukkan pada Persamaan 2.13.

$$L_{(b,a)}s = a^{-n} \int g\left(\frac{r-b}{a}\right)s(r)dr^n \quad 2.13$$

dengan  $n \geq -(1 + \alpha)$ ,  $b$  adalah parameter translasi dan  $a$  adalah parameter dilatasi. Persamaan umum turunan *wavelet* horisontal ke- $n$  pada persamaan PKF,  $H_n(u)$  dalam domain frekuensi dinyatakan secara matematis pada Persamaan 2.14 (Mauri, 2010).

$$H_n(u) = (2\pi i u)^n \times e^{(-2\pi|u|)} \quad 2.14$$

dengan  $u$  merupakan transformasi Fourier pada rentang  $x$  dalam domain frekuensi.

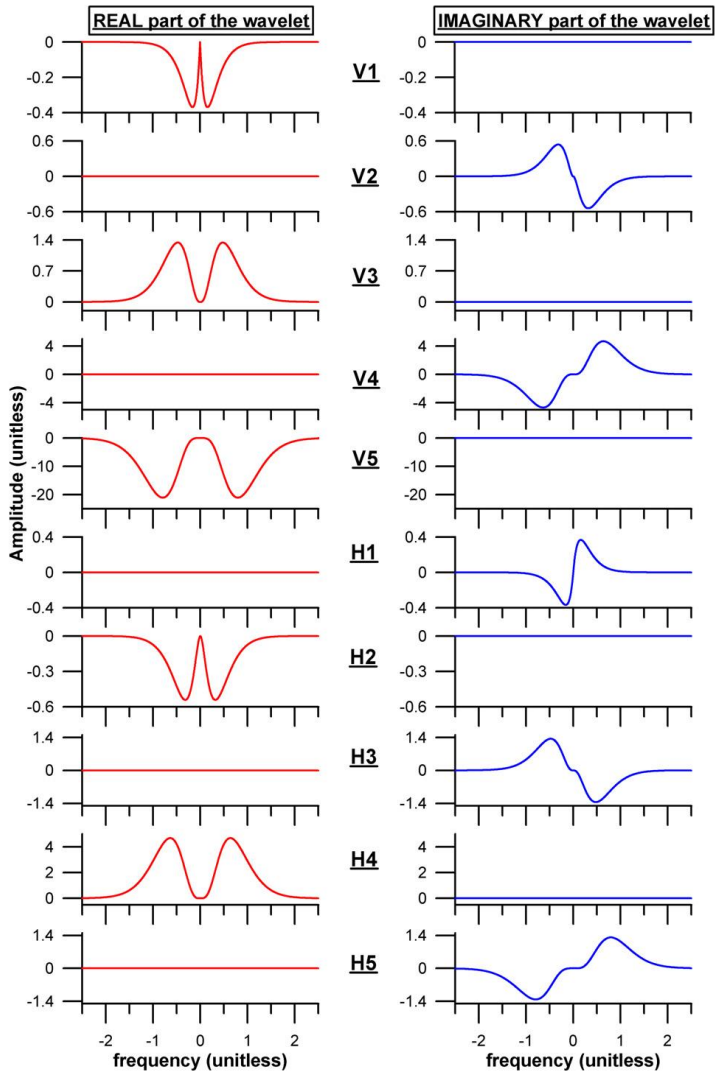
Dalam domain frekuensi, komponen vertikal tidak mengalami perubahan. Meskipun begitu, analisa sinyal,  $s$ , dinyatakan oleh  $u$ , diperlukan untuk menyatakan turunan vertikal dari PKF ke- $n$  dalam domain frekuensi menggunakan komponen horizontal  $u$ . Satu hal yang harus digunakan adalah transformasi Hilbert (Mauri, 2010). Persamaan umum turunan vertikal PKF ke- $n$ ,  $V_n(u)$  dalam domain frekuensi dinyatakan dalam Persamaan 2.15.

$$V_n(u) = -2\pi|u|(2\pi i u)^{n-1} \times e^{(-2\pi|u|)} \quad 2.15$$

dengan  $i$  adalah bilangan imajiner.

Persamaan ini menunjukkan bahwa kelompok khusus pada *wavelet* diperoleh ketika turunan diterapkan dalam *Poisson Kernel Family* (PKF) yang menjadi dasar pengolahan data magnetik. Metode CWT berlaku pada magnetisasi vertikal untuk mengidentifikasi ketebalan lapisan. CWT berguna untuk menguji efek dari benda lain yang mempengaruhi data magnetik pada kedalaman dangkal.



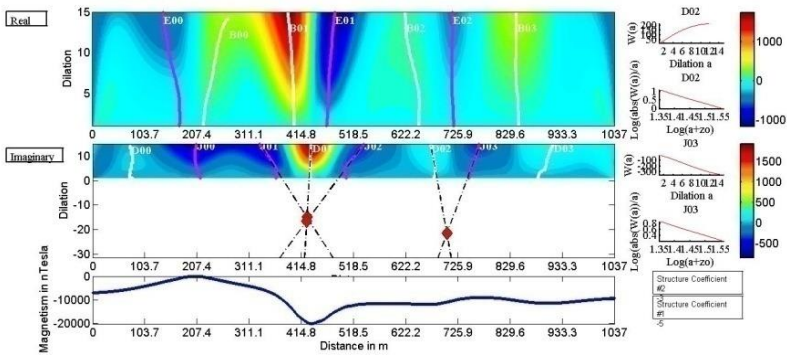


Gambar 2.4 PKF pada ruang Fourier dengan komponen riil dan imajiner. V1 hingga V5 adalah turunan vertikal ke 1 hingga 5. H1 hingga H5 adalah turunan horizontal ke 1 hingga 5.

Secara tradisional, CWT menggunakan seluruh rentang dilatasi untuk menghasilkan analisa multi skala pada analisa sinyal. Sehingga dapat dinyatakan rentang dilatasi  $a_{min} < a < a_{max}$  dan transformasi kontinu *wavelet* pada sinyal,  $s$ , oleh *wavelet*,  $g$ ,  $W_{(b,a)}(L, s)$  dinyatakan pada Persamaan 2.16.

$$W_{(b,a)}(L, s) = \int_{a_{min}}^{a_{max}} L_{(b,a)} s da \quad 2.16$$

Hasil dari Persamaan 2.13 berupa matriks koefisien *wavelet* imajiner dan real. Beberapa sumber dapat ditentukan sebagai suatu singularitas, yang mana didefinisikan oleh dua atau lebih garis ekstrema (ekstrema negatif dan positif) yang ditunjukkan pada Gambar 2.4. Garis-garis tersebut berkumpul pada  $z < 0$  membentuk kerucut singularitas. Titik kumpul garis-garis ekstrema ini dapat memperkirakan adanya suatu sumber potensial bawah permukaan (Mauri, 2010).

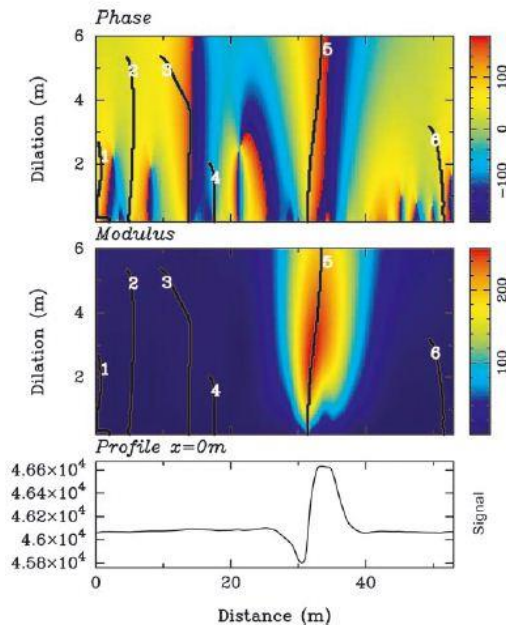


Gambar 2.5 Hasil proyeksi garis ekstrema positif dan negatif untuk mengidentifikasi posisi dan kedalaman sumber potensial bawah permukaan

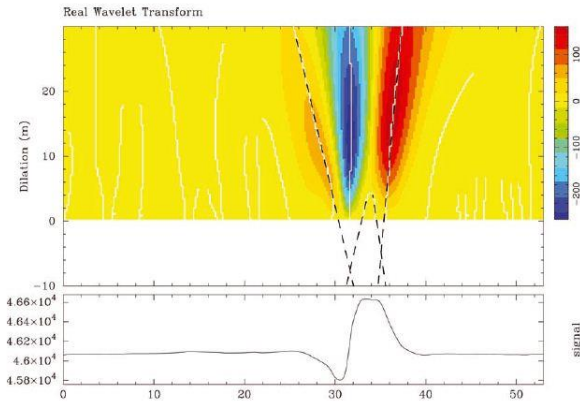
Ekstrema yang ditunjukkan berupa garis mengalami konvergensi terhadap sumber yang terdeteksi, ditunjukkan dengan

adanya modulus maksimum. Modulus mewakili posisi anomali yang memungkinkan sehingga dapat ditentukan kedalamannya. Pada Gambar 2.5 tampak bahwa visualisasi modulus dengan jelas menentukan posisi anomali yang ditunjukkan oleh enam garis ekstrem. Sedangkan visualisasi phase menunjukkan orientasi kemiringan anomali yang teridentifikasi.

Pada Gambar 2.6 tampak visualisasi transformasi *wavelet* real memerlukan beberapa garis ekstrema untuk analisa posisi dan estimasi kedalaman. Estimasi kedalaman pada visualisasi transformasi lebih spesifik dari pada visualisasi modulus yang menunjukkan garis ekstrem tidak kontinu (Gambar 2.7). Visualisasi modulus menunjukkan jumlah dan posisi sumber anomali dari suatu daerah penelitian sedangkan phase memberikan informasi kemiringan sumber anomali.



Gambar 2.6 Visualisasi phase dan modulus tomografi multi skala data magnetik(Saracco et al., 2007).



Gambar 2.7 Visualisasi transformasi wavelet real multi skala data magnetik (Saracco et al., 2007).

Analisa dilakukan dengan mennggunakan beberapa *wavelet* untuk mengurangi resiko kesalahan dan memperkuat asumsi penentuan sumber utama sinyal pada kedalaman dan posisi tertentu (Sailhac et al., 2009). Ketika hanya menggunakan satu *wavelet*, hasil analisis memiliki banyak kesalahan akibat adanya noise. Keakuratan kedalaman dan posisi merupakan fungsi kompleksitas bawah permukaan (Saracco et al., 2007).

## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1 Perangkat Lunak**

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain :

**1. Surfer 11**

Surfer 11 digunakan untuk membantu penelitian dalam pembuatan peta kontur.

**2. MagPick**

MagPick digunakan untuk memisahkan anomali lokal dan regional melalui proses Upward Continuation serta melakukan proses reduksi ke kutub.

**3. Matlab R2009a**

Matlab R2009a digunakan untuk analisis CWT dalam menentukan posisi dan kedalaman anomali berdasarkan data magnetik.

**4. Ms. Excel 2007**

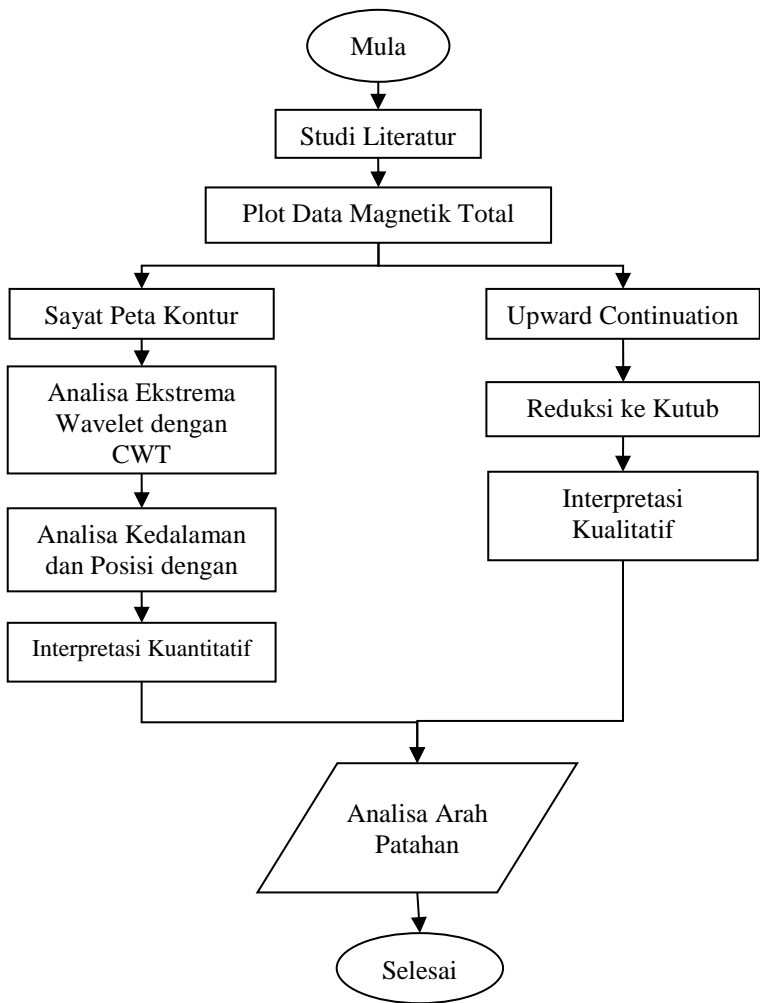
Ms. Excel 2007 digunakan untuk membantu penelitian dalam mengelola data.

**5. Ms. Word 2007**

Ms. Word 2007 digunakan untuk membantu membuat laporan hasil penelitian.

### **3.2 Prosedur Kerja**

Prosedur kerja pada penelitian ini, digambarkan dalam bentuk diagram alir sebagaimana pada Gambar 3.1 yang dapat dijelaskan secara detail sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.

## 1. Studi literatur

Studi literatur dilakukan untuk memperoleh informasi agar penelitian berjalan dengan lancar. Studi literatur yang digunakan dalam penelitian ini antara lain manifestasi panas bumi, metode geomagnetik, Upward Continuation, reduksi ke kutub, dan metode *Continous Wavelet Transform* (CWT) yang dibuat oleh Mauri dkk (2011).

## 2. Interpretasi Kualitatif

Data magnetik diolah menggunakan *Surfer 11*. Hasil pengolahan data ini selanjutnya diolah menggunakan MagPick melalui proses *Upward Continuation* untuk memisahkan anomali lokal dan regional. Anomali lokal diolah menggunakan MagPick melalui proses reduksi ke kutub. Dalam proses ini diperlukan input inklinasi dan deklinasi daerah penelitian. Tujuan reduksi ke kutub yaitu untuk melokalisasi daerah-daerah anomali maksimum tepat berada di atas tubuh sumber anomali (Blakely, 1995). Hasil reduksi ke kutub diolah menggunakan *Surfer 11*. Dari peta kontur hasil pengolahan ini dilakukan interpretasi kualitatif.

## 3. Pengolahan Data dengan Metode CWT

Pengolahan data magnetik diawali dengan melakukan penggambaran peta kontur anomali medan magnetik total menggunakan software *Surfer11*, kemudian dilakukan penyayatan peta kontur. Hasil masing-masing sayatan diinput pada software Excel 2007 untuk dilakukan pengolahan menggunakan metode CWT (Mauri dkk, 2011). Pengolahan ini dibagi menjadi dua tahap yaitu tahap analisa ekstrema wavelet dan estimasi kedalaman serta posisi.

Tahap analisa dilakukan dengan menggunakan *sourcecode MWTmatanalyse.m*. *Sourcecode* ini menggunakan Matlab 2009a. Data yang digunakan merupakan hasil sayatan peta kontur anomali magnetik. Dari proses input, akan muncul sepuluh tipe *wavelet* yang berbeda dan ditentukan salah satu tipe *wavelet*. Sepuluh tipe *wavelet* yang berbeda tersebut merupakan lima *wavelet* hasil turunan horisontal (H1, H2, H3, H4, H5) dan lima *wavelet* hasil

turunan vertikal (V1, V2, V3, V4, V5). Hal terpenting yang dilakukan pada tahap ini adalah input dilatasi minimum dan maksimum. Nilai minimum dilatasi yang digunakan adalah 1, sedangkan nilai maksimum yang digunakan akan berbeda-beda sesuai dengan jumlah data yang digunakan. Hasil dari tahap ini berupa visualisasi koefisien *wavelet* real, imajiner, fasa, dan modulus beserta masing-masing ekstrema dari koefisien *wavlet*. Diperlukan filter ekstrema 80% dari window dilatasi. Filter dilakukan dengan tujuan untuk menepis ekstrema-ekstrema yang muncul akibat *noise* terukur.

Tahap estimasi kedalaman dan posisi dilakukan dengan menggunakan *sourcecode* MWTmatdpeth.m. Pada visualisasi koefisien *wavelet* real, ekstrema negatif ditandai dengan “E” sedangkan untuk ekstrema positif ditandai dengan “B”. Pada visualisasi koefisien *wavelet* imajiner, ekstrema negatif ditandai dengan “J” sedangkan untuk ekstrema positif ditandai dengan “D”. Proses ini diawali dengan menentukan tipe *wavelet* yang digunakan. Hal bertujuan untuk memfokuskan analisa ekstrema pada salah satu visualisasi. Pemilihan ekstream negatif dan positif dilakukan pada garis yang berdekatan. Hasil pemilihan ekstrema berupa regresi linier kedua garis, dan bila menghasilkan titik potong maka dapat dikatakan bahwa titik potong tersebut adalah posisi dan kedalaman anomali magnetik. Setelah hasil pengolahan CWT berupa posisi dan kedalaman diperoleh, dilakukan perhitungan median dan ketidakpastian posisi dan kedalaman dengan menggunakan software Excel.

#### **4. Analisa Hasil**

Analisa hasil dilakukan dengan menggunakan data hasil pengolahan metode CWT yang *dioverlay* dengan hasil reduksi dan peta geologi. Hasil penggambaran ini dibandingkan dengan kedalaman dan posisi serta pola arah sesar yang teridentifikasi pada daerah survey.



## **BAB IV**

### **ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

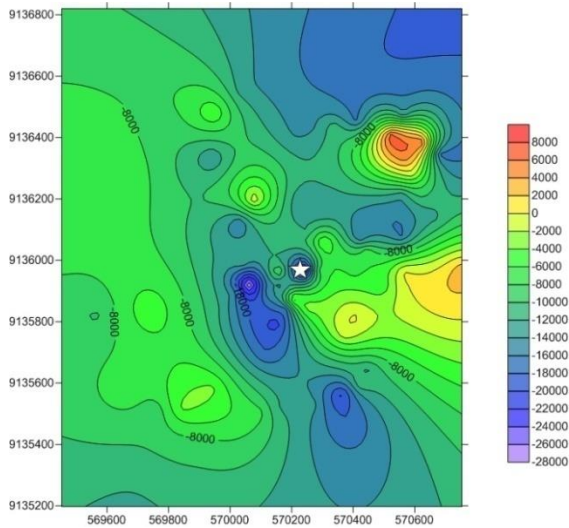
Bab ini mendeskripsikan tentang analisis dan pembahasan hasil penelitian.

#### **4.1 Interpretasi Kualitatif**

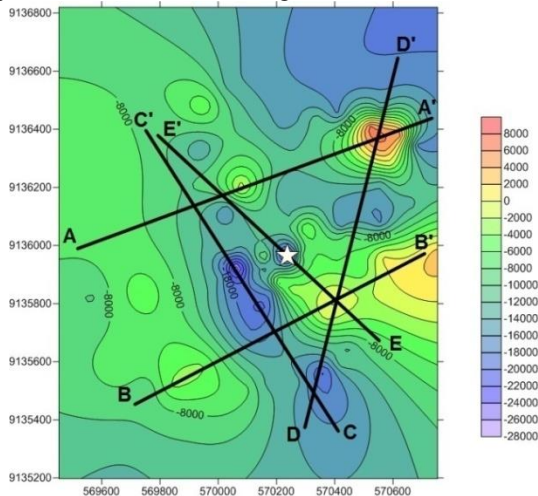
##### **4.1.1 Anomali Medan Magnet**

Interpretasi kualitatif dilakukan untuk memberikan indikasi awal anomali yang dihasilkan data magnetik. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah nilai medan magnet total pada area survey yang telah dikoreksi harian dan IGRF. Nilai ini kemudian digambarkan melalui peta kontur untuk mengetahui persebaran anomali medan magnet dengan nilai tertinggi sebesar 8000 nT dan terendah sebesar -28000 nT (Gambar 4.1). Anomali medan magnet ini merupakan gabungan antara anomali lokal (medan magnet dangkal) dan regional (medan magnet dalam). Untuk melakukan analisa posisi dan kedalaman sumber anomali diperlukan sayatan-sayatan di atas dipol magnet pada peta kontur (Gambar 4.2). Dipol magnet ini ditandai dengan adanya daerah anomali bernilai positif dikelilingi anomali bernilai negatif atau sebaliknya.

Berdasarkan persebaran anomali medan magnet, manifestasi air panas terletak pada daerah medan magnet bernilai negatif (Gambar 4.1). Hal ini dapat terjadi apabila adanya batuan di bawah sumber mata air panas mengalami demagnetisasi dan adanya sesar sebagai jalur fluida panas dari bawah permukaan. Untuk mengidentifikasi struktur daerah penelitian diperlukan tahap lain yaitu, kontinuitas ke atas untuk memfokuskan interpretasi pada anomali lokal.



Gambar 4.1 Peta kontur intensitas magnetik total dan lokasi manifestasi panas bumi (simbol bintang).



Gambar 4.2 Peta kontur beserta sayatannya dan lokasi manifestasi panas bumi dengan simbol bintang.

#### 4.1.2 Kontinuasi Ke Atas

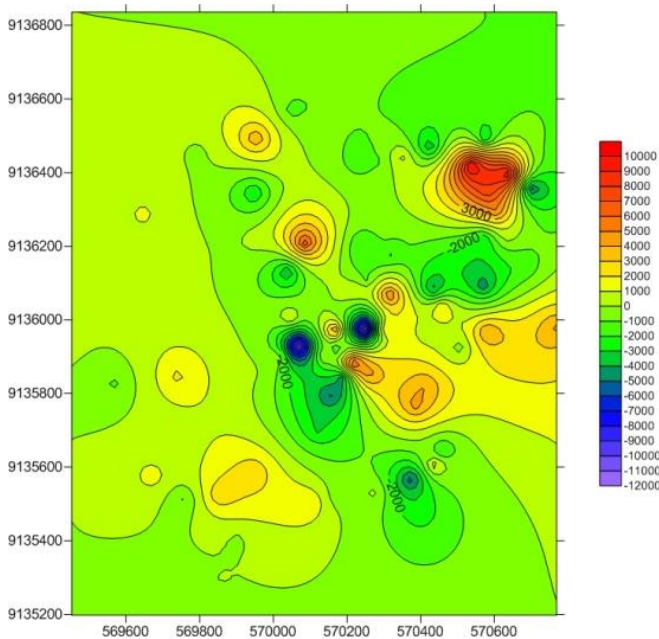
Data magnetik total yang diperoleh memiliki *noise-noise* diakibatkan oleh ketinggian pengukuran yang tidak teratur. Sehingga diperlukan proses koreksi *noise-noise* dengan menentukan nilai ketinggian menggunakan metode kontinuasi ke atas. Hasil pengolahan data magnetik menggunakan metode ini berupa peta kontur medan magnet pada ketinggian tertentu. Proses ini dilakukan hingga mendapatkan model kontur yang stabil dan tidak mengalami perubahan.

Nilai anomali paling stabil yaitu pada pengakatan 40m. Kestabilan ini menandakan bahwa pengaruh *noise* telah hilang ketika diangkat pada ketinggian 40m. Dari kontinuasi yang dilakukan diketahui nilai medan magnet maksimal 10.000 nT dan minimal -12.000 nT (Gambar 4.2).

Dari koreksi ini diperoleh juga hasil pemisahan anomali lokal dan regional. Pemisahan anomali bertujuan untuk mengetahui pengaruh medan magnet terhadap kedalaman tertentu. Kerapatan kontur pada peta, menandakan kedalaman anomali. Apabila kontur lebih rapat maka anomali tersebut berada pada bagian yang lebih dangkal atau anomali lokal (Gambar 4.3), sedangkan peta dengan kontur yang kurang rapat berada pada bagian yang lebih dalam atau anomali regional.

#### 4.1.3 Reduksi Ke Kutub

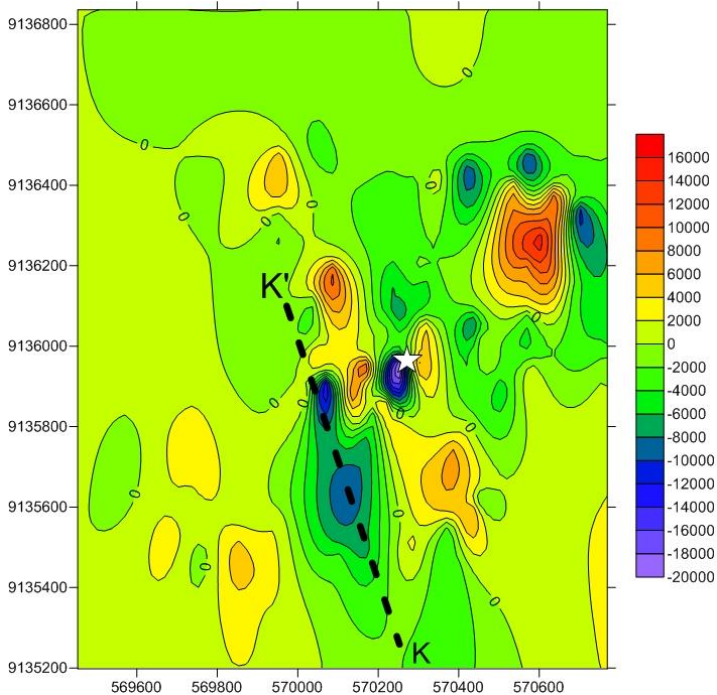
Reduksi ke kutub pada anomali magnetik lokal dilakukan dengan tujuan dapat melokalisasi daerah-daerah dengan anomali maksimum tepat berada di atas tubuh benda sumber anomali, sehingga dapat memudahkan interpretasi. Reduksi ke kutub dilakukan dengan mengubah inklinasi dan deklinasi daerah penelitian menjadi inklinasi  $90^\circ$  dan deklinasi  $0^\circ$ . Pada lokasi penelitian di Desa Wagir Lor, Kec. Ngebel, Kab. Ponorogo besar nilai inklinasi  $-32.26560^\circ$  dan deklinasi  $0.95850^\circ$ . Nilai deklinasi dan inklinasi ini diperoleh dari situs pemerintah NOAA dengan menggunakan parameter lintang dan bujur lokasi penelitian.



Gambar 4.3 Peta kontur anomali lokal pada kontinuasi ke atas 40m.

Hasil reduksi ini berupa peta yang memiliki kerapatan kontur lebih detail sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.4. Terdapat perubahan rentang nilai anomali medan magnet sesudah dilakukan proses reduksi ke kutub magnet yaitu dengan nilai tertinggi sebesar 16.000nT sednagkan terkecil sebesar -20.000nT.

Anomali magnetik yang diperoleh pada hasil reduksi ke kutub ini menandakan adanya perbedaan struktur bawah permukaan. Anomali bernilai negatif diperkirakan akibat pergeseran pada perlapisan tanah. Sehingga menyebabkan terjadinya sesar sebagai jalur fluida panas menuju permukaan dengan demikian batuan penyusunnya mengalami demagnetisasi (kehilangan sifat kemagnetan). Garis K-K' memberikan informasi awal mengenai kondisi bawah permukaan.



Gambar 4.4 *Overlay* peta kontur anomali magnet hasil reduksi ke kutub beserta indikasi sesar (KK').

Diperlukan pengolahan data lebih lanjut untuk memperkuat hasil interpretasi ini berupa posisi dan kedalam suatu sumber anomali.

#### 4.2 Hasil Analisa Ekstrema Metode *Continuous Wavelet Transform* (CWT)

Data yang digunakan pada pengolahan data magnetik merupakan hasil sayatan peta kontur medan magnetik total (Gambar 4.2). Tujuan sayatan ini adalah untuk mengidentifikasi anomali daerah penelitian yang dilakukan menggunakan CWT. Analisa posisi menggunakan metode CWT melalui *wavelet poisson kernel family* (PKF) yakni sepuluh tipe *wavelet* yang

berbeda, dengan lima tipe *wavelet* horisontal (H1, H2, H3, H4, H5) dan lima tipe *wavelet* vertikal (V1, V2, V3, V4, V5).

Pengolahan data dimulai dengan menentukan tipe *wavelet* yang digunakan, serta input batas dilatasi yang digunakan disesuaikan dengan jumlah data. Hal ini akan membatasi analisa pada suatu area (frekuensi) untuk menghasilkan posisi anomali yang akurat. Selain itu, untuk mengoptimalkan hasil tersebut diperlukan *filter* ekstrema dari window dilatasi. Beberapa ekstrema mencirikan singularitas lain yang terkait analisa selanjutnya, sementara ekstrema yang lain menunjukkan *noise* (gangguan) dalam analisa. *Filter* dilakukan dengan tujuan untuk menepis ekstrema-ekstrema akibat *noise*. Untuk menghindari bentuk artefak (*noise* disebabkan banyak faktor yang tidak diinginkan), dapat ditentukan panjang ekstrema yang lebih besar 80% dari rentang dilatasi.

Garis ekstrema pada visualisasi koefisien *wavelet* real, koefisien *wavelet* imaginary, phase, dan modulus menunjukkan koefisien gelombang tertinggi pada suatu area observasi. Pada visualisasi koefisien *wavelet* real, ekstrema positif ditandai dengan garis berwarna hitam, sedangkan ekstrema negatif ditandai dengan garis berwarna putih. Ekstrema positif menunjukkan anomali lokal bernilai positif di sekitar anomali bernilai negatif sedangkan ekstrema negatif menunjukkan anomali lokal bernilai negatif di sekitar anomali bernilai positif. Hal ini berlaku juga pada visualisasi koefisien *wavelet* imaginary (Gambar 4.6). Sedangkan pada visualisasi modulus hanya dapat menentukan posisi dan jumlah anomali sumber medan magnetik sehingga diperlukan analisa lebih lanjut. Analisa ini dilakukan pada semua tipe *wavelet* karena penting untuk memperoleh hasil analisa CWT yang akurat.

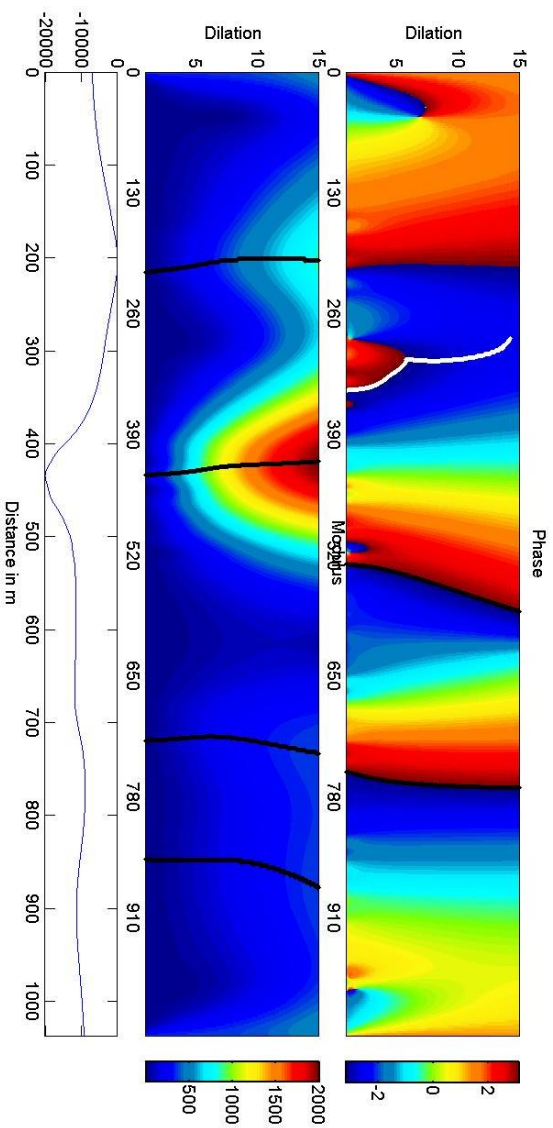
Gambar 4.5 terlihat bahwa visualisasi modulus menampilkan secara jelas terdapat empat posisi anomali medan potensial yang terdapat pada sayatan E-E' secara horizontal pada turunan kedua. Namun hasil analisa posisi ini perlu tahap lebih lanjut untuk mendapatkan estimasi kedalaman anomali sumber medan potensial.

#### 4.3 Hasil Estimasi Kedalaman dan Posisi Metode *Continuous Wavelet Transform* (CWT)

Estimasi posisi dan kedalaman merupakan pengolahan data menggunakan *source code* MWTmatdepth.m. Pengolahan data ini dimulai dengan melakukan input data hasil analisa ekstrema pada visualisasi koefisien *wavelet* real, dan imaginary. Tidak semua ekstrema yang dihasilkan digunakan untuk analisa ini sehingga diperlukan penentuan ekstrema.

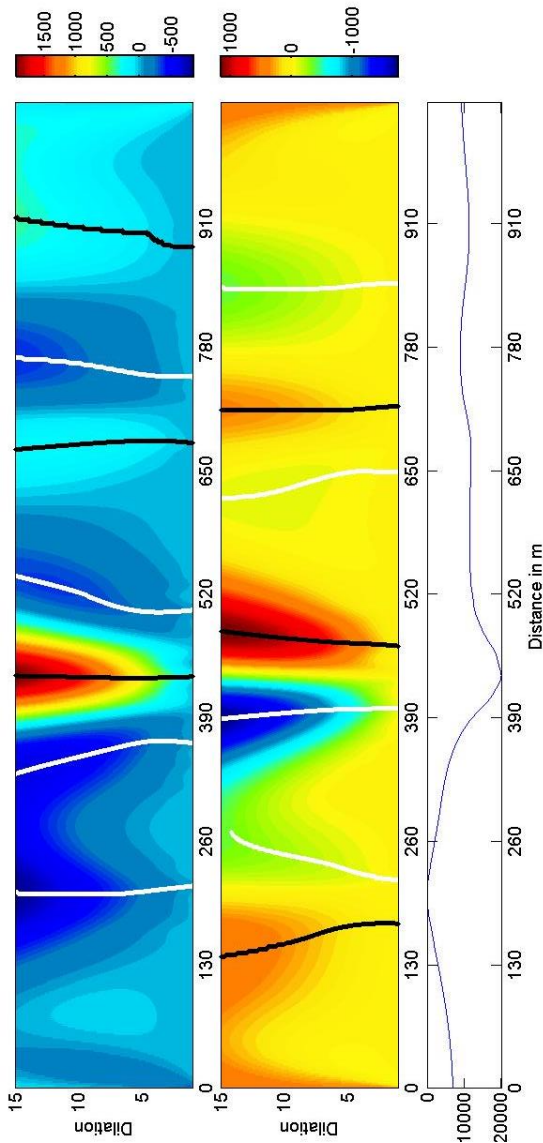
Untuk mengetahui kedalaman dan posisi sumber medan potensial dilakukan pemilihan ekstrema negatif dan positif yang berdekatan. Kedua ekstrema ini menghasilkan perpotongan pada suatu titik (Gambar 4.7). Titik perpotongan tersebut merupakan estimasi kedalaman dan posisi pada sumber medan potensial pada setiap tipe *wavelet*. Kemudian titik ini disesuaikan dengan posisi dan jumlah anomali pada visualisasi modulus. Langkah ini dilakukan pada semua tipe *wavelet*.

Pada pengolahan ini, dihasilkan satu atau lebih titik anomali sumber medan potensial pada setiap tipe *wavelet*. Hasil analisa dapat menunjukkan nilai yang berbeda pada tiap *wavelet*. Hal ini diakibatkan oleh titik sumber anomali yang memiliki rentang pada arah vertikal dan horisontal. Sehingga perlu perhitungan untuk menentukan titik sumber anomali dan ketidakpastian dengan cara menghitung median dan interkuartil. Perhitungan ini dilakukan dengan menggunakan minimal tiga tipe *wavelet* dengan satu anomali yang sama pada setiap sayatan peta kontur. Sehingga diperoleh posisi dan kedalaman sumber anomali pada setiap sayatan yang dianalisa (Tabel 4.2).



Gambar 4.5 Visualisasi phase dan modulus sayatan E-E' *wavelet* vertikal pada turunan kedua (V2)





Gambar 4. 5 Visualisasi koefisien real dan imaginary sayatan E-E' *wavelet* vertikal I pada turunan kedua (V2) dengan ekstrema negatif (garis putih) dan ekstrema positif (garis hitam).



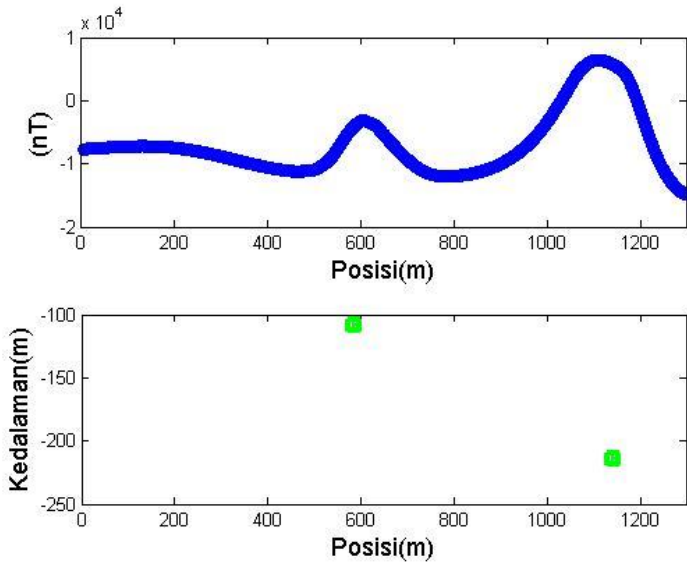
Gambar 4.6 Visualisasi real sayatan EE' *wavelet* vertikal dengan dua titik anomali.

Hasil analisa menggunakan metode CWT berupa penggambaran bawah permukaan dan informasi lokasi anomali sumber medan potensial pada setiap sayatan ditunjukkan pada Gambar 4.8 hingga Gambar 4.12.

Tabel 4.1 Hasil analisa kedalaman dan posisi anomali dengan metode CWT

Sayatan	Anomali	Posisi x (m)	Kedalaman (m)
AA'	I	$583.61 \pm 1.92$	$108.42 \pm 3.32$
	II	$1139.45 \pm 1.48$	$213.91 \pm 2.42$
BB'	I	$360.52 \pm 1.63$	$282.74 \pm 1.32$
	II	$932.88 \pm 2.55$	$451.09 \pm 1.77$
CC'	I	$585.78 \pm 9.56$	$363.59 \pm 3.55$
	II	$676.04 \pm 2.18$	$34.96 \pm 3.95$
DD'	I	$424.2 \pm 7.16$	$89.69 \pm 4.18$
	II	$1083.17 \pm 0.59$	$69.03 \pm 6.66$
EE'	I	$253.24 \pm 1.44$	$166.91 \pm 1.88$
	II	$501.84 \pm 0.96$	$56.48 \pm 6.04$

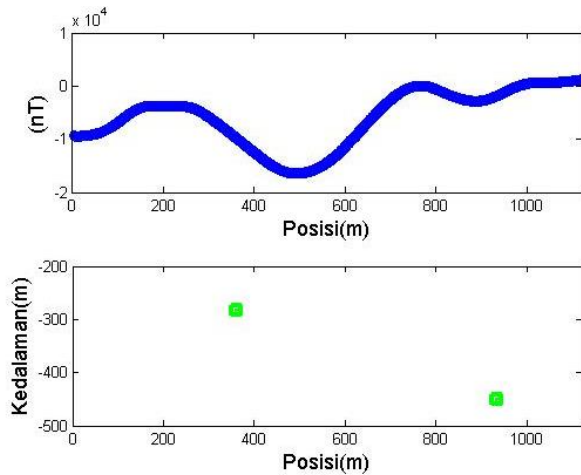
Sayatan AA' (Gambar 4.2) terdapat dua titik anomali sumber medan potensial yaitu, anomali I terletak pada posisi  $583.6m \pm 1.92m$  dengan kedalaman  $108.42m \pm 3.32m$  sedangkan anomali II terletak pada posisi  $1139.45m \pm 1.48m$  dengan kedalaman  $213.91m \pm 2.42m$ . Kedua titik anomali direkonstruksikan dan dibandingkan dengan nilai intensitas medan magnetik pada setiap posisi seperti pada Gambar 4.7.



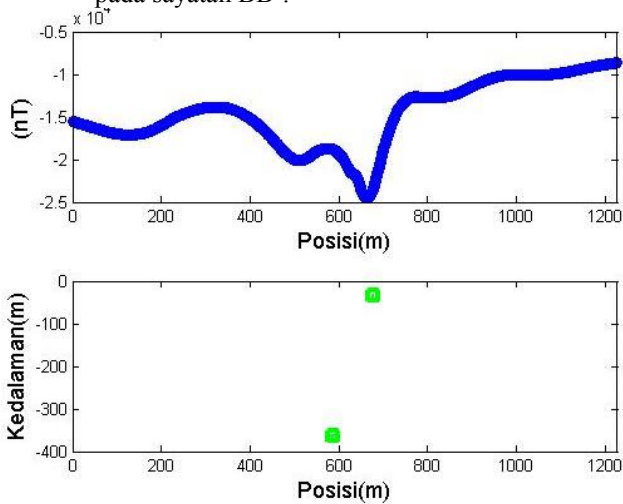
Gambar 4.7 Perbandingan medan magnetik dengan posisi serta kedalaman titik anomali sumber medan potensial magnetik pada sayatan AA'

Sayatan BB' (Gambar 4.2) terdapat dua sumber anomali yang diperkuat dengan analisa posisi dan kedalaman. Anomali I terletak pada  $360.52\text{m} \pm 1.63\text{m}$  dengan kedalaman  $282.74\text{m} \pm 1.32\text{m}$  sedangkan anomali II terletak pada posisi  $932.88\text{m} \pm 2.55\text{m}$  dengan kedalaman  $451.09\text{m} \pm 1.77\text{m}$ . Kedua titik anomali direkonstruksikan dan dibandingkan dengan nilai intensitas medan magnetik pada setiap posisi seperti pada Gambar 4.8.

Sayatan CC' (Gambar 4.2) terdapat dua titik anomali sumber medan potensial dengan masing-masing posisi dan kedalaman yaitu, anomali I terletak pada  $585.78\text{m} \pm 9.56\text{m}$  dengan kedalaman  $363.59\text{m} \pm 3.55\text{m}$  sedangkan anomali II terletak pada posisi  $676.04\text{m} \pm 2.18\text{m}$  dengan kedalaman  $34.96\text{m} \pm 3.95\text{m}$ . Kedua titik anomali direkonstruksikan dan dibandingkan dengan nilai intensitas medan magnetik pada setiap posisi seperti pada Gambar 4.9.

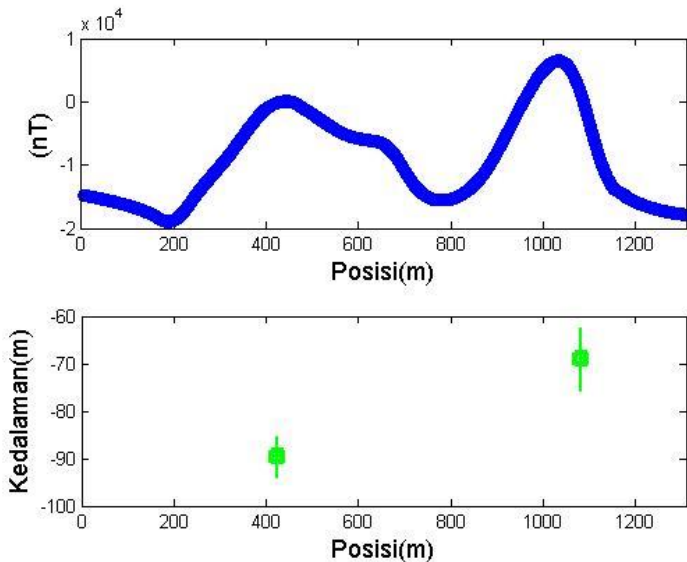


Gambar 4.8 Perbandingan medan magnetik dengan posisi serta kedalaman titik anomali sumber medan potensial magnetik pada sayatan BB'.



Gambar 4.9 Perbandingan medan magnetik dengan posisi serta kedalaman titik anomali sumber medan potensial magnetik pada sayatan CC'.

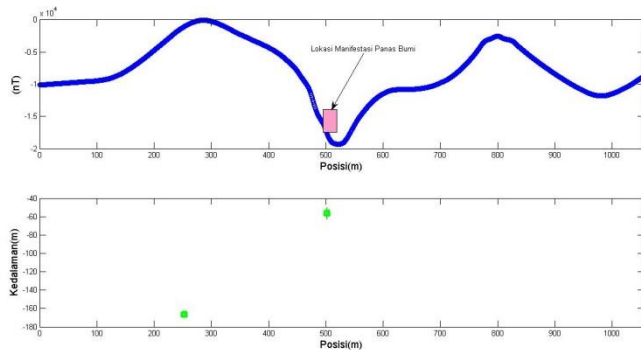
Sayatan DD' (Gambar 4.2) terdapat dua titik anomali sumber medan potensial yang teridentifikasi yaitu, anomali I terletak pada  $424.2\text{m} \pm 7.16\text{m}$  dengan kedalaman  $89.69\text{m} \pm 7.45\text{m}$  sedangkan anomali II terletak pada posisi  $1083.17\text{m} \pm 0.59\text{m}$  dengan kedalaman  $69.03\text{m} \pm 6.66\text{m}$ . Kedua titik anomali direkonstruksikan dan dibandingkan dengan nilai intensitas medan magnetik pada setiap posisi seperti pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Perbandingan medan magnetik dengan posisi serta kedalaman titik anomali sumber medan potensial magnetik pada sayatan DD'.

Sayatan EE' (Gambar 4.2) terdapat dua titik anomali sumber medan potensial yang teridentifikasi yaitu, anomali I yang merupakan lokasi manifestasi panas bumi terletak pada  $501.84\text{m} \pm 0.96\text{m}$  dengan kedalaman  $56.48\text{m} \pm 6.04\text{m}$  dan anomali II terletak pada posisi  $253.24\text{m} \pm 1.44\text{m}$  dengan kedalaman  $166.91\text{m} \pm 1.88\text{m}$ . Kedua titik anomali direkonstruksikan dan dibandingkan

dengan nilai intensitas medan magnetik pada setiap posisi seperti pada Gambar 4.11.

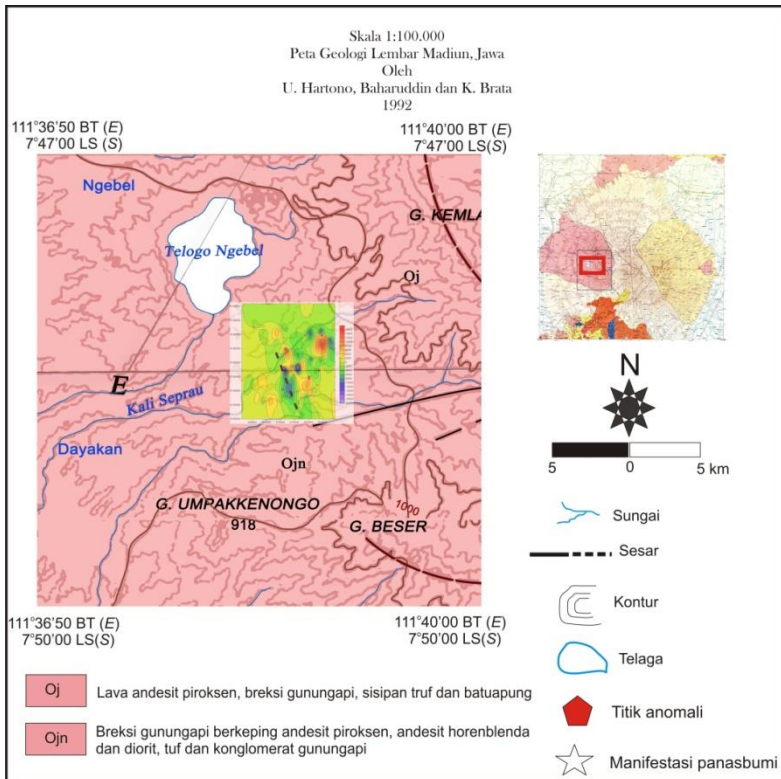


Gambar 4.11 Perbandingan medan magnetik dengan posisi serta kedalaman titik anomali sumber medan potensial magnetik pada sayatan EE'.

#### 4.4 Interpretasi Hasil Reduksi Ke Kutub Magnet, CWT dan Geologi Regional

Hasil analisa CWT berupa titik-titik sumber anomali medan potensial pada setiap sayatan. Hasil ini selanjutnya *dioverlay* dengan peta reduksi ke kutub magnet (4.4). Sehingga diperoleh estimasi kedalaman dua rekahan di sepanjang dugaan sesar (KK') yaitu 363.59m dan 34.96m. Pola anomali ini dicirikan oleh kemenerusan sesar pada peta geologi daerah penelitian.

Pola ini dapat diketahui dengan dilakukan *overlay* hasil reduksi ke kutub dan analisa CWT dengan geologi regional (Gambar 4.12). Kemenerusan hasil interpretasi anomali menggunakan reduksi ke kutub serta analisa CWT menunjukkan kesesuaian sesar dengan peta geologi dari arah Selatan menuju Utara.



Gambar 4.12 Overlay titik-titik anomali terhadap peta reduksi ke kutub magnet bumi dengan indikasi sesar (garis putus-putus) serta peta geologi daerah survey.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan dari hasil pengolahan data magnetik, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Persebaran anomali medan magnet daerah penelitian memiliki nilai tertinggi sebesar 8000nT dan terendah sebesar -28000nT.
2. Hasil analisa posisi dan kedalaman menggunakan metode CWT yaitu estimasi kedalaman dua rekahan di sepanjang dugaan sesar yaitu 363.59m dan 34.96m.
3. Kemenerusan hasil interpretasi anomali menggunakan reduksi ke kutub serta analisa CWT menunjukkan kesejajaran sesar dengan peta geologi dari arah Selatan menuju Utara.

#### **5.2 Saran**

Setelah dilakukannya penelitian ini maka diperoleh beberapa hal yang dapat disarankan untuk menjadi bahan perbandingan dalam penelitian yang akan lebih lanjut, di antara lain sebagai berikut:

1. Diperlukannya analisa dengan menggunakan metode lain karena CWT memiliki kekurangan analisa data tepi.
2. Diperlukannya pemodelan untuk mengetahui bentuk anomali yang teridentifikasi.

*“ halaman ini sengaja dikosongkan ”*

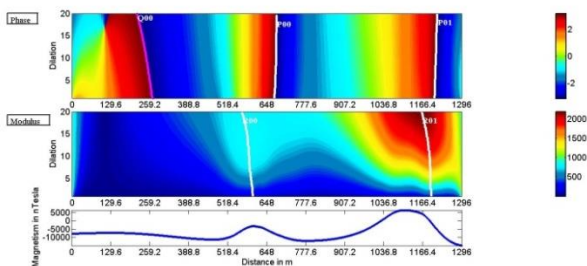
## DAFTAR PUSTAKA

- Blakely, R.J., 1995. Potential theory in gravity and magnetic applications. Cambridge University Press, Cambridge [England] ; New York.
- Hinze, W.J., Von Frese, R., Saad, A.H., 2013. Gravity and magnetic exploration: principles, practices, and applications. Cambridge University Press, New York.
- Mallat, S.G., 2009. A wavelet tour of signal processing: the sparse way, 3rd ed. Elsevier/Academic Press, Amsterdam ; Boston.
- Moreau, F., Gibert, D., Holschneider, M., Saracco, G., 1997a. Wavelet analysis of potential fields. *Inverse Probl.* 13, 165. doi:10.1088/0266-5611/13/1/013.
- Mauri, G., Williams-Jones, G., Saracco, G., 2011. MWTmat—application of multiscale wavelet tomography on potential fields. *Comput. Geosci.* 37, 1825–1835. doi:10.1016/j.cageo.2011.04.005
- Sailhac, P., Galdeano, A., Gibert, D., Moreau, F., Delor, C., 2000. Identification of sources of potential field with the continuous wavelet transform: Complex wavelet and application to aeromagnetic profiles in French Guiana. *Geophys. Res. Lett.* 105, 19455–19475.
- Saracco, G., Labazuy, P., Moreau, F., 2004. Localization of self-potential sources in volcano-electric effect with complex continuous wavelet transform and electrical tomography methods for an active volcano: VOLCANO-ELECTRIC ANALYSIS BY CCWT AND DOP. *Geophys. Res. Lett.* 31, n/a-n/a. doi:10.1029/2004GL019554
- Saracco, G., Moreau, F., Mathé, P.-E., Hermitte, D., Michel, J.-M., 2007. Multiscale tomography of buried magnetic structures: its use in the localization and characterization of archaeological structures. *Geophys. J. Int.* 171, 87–103. doi:10.1111/j.1365-246X.2007.03501.x

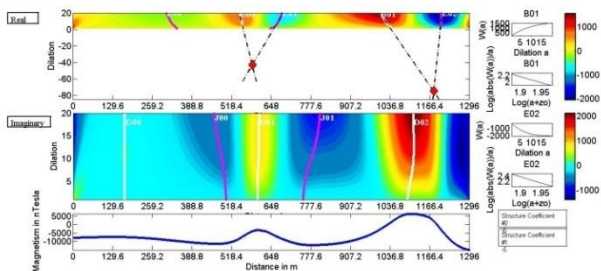
- Siahaan, B.U.B.M., 2009. Penentuan Struktur Pada Zona Hidrokarbon Daerah “X” Menggunakan Metode Magnetik.
- Suharno, 2013. Eksplorasi Geothermal. Lembaga Penelitian Universitas Lampung.
- Supriyanto, S., 2009. Energi Panas Bumi, Edisi 1. ed. Departemen Fisika-FMIPA Universitas Indonesia.
- Telford, W., Geldart, L., Sheriff, R., 1990. Applied Geophysics, 2nd Edition. ed. Cambridge University Press, New York.
- Zamroni, K., 2014. Studi Anomali Bawah Permukaan Daerah Manifestasi Air Panas, Desa Wagir Lor, Kec. Ngebel, Kab. Ponorogo Dengan Menggunakan Metode Magnetik. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

## LAMPIRAN

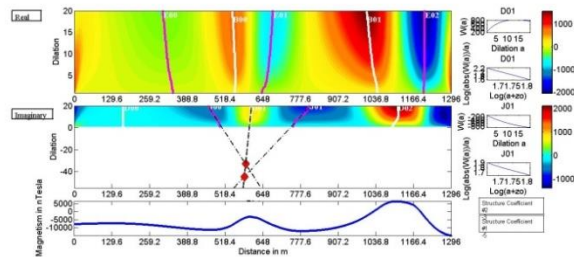
### Lampiran 1. Hasil Pengolahan dengan Menggunakan CWT pada Sayatan AA'



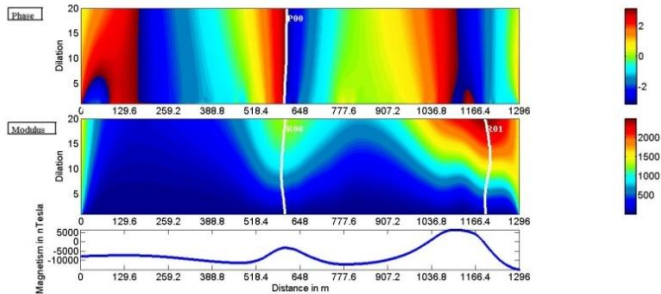
Gambar 1 Visualisasi fase dan modulus turunan ke-1 horisontal sayatan AA'.



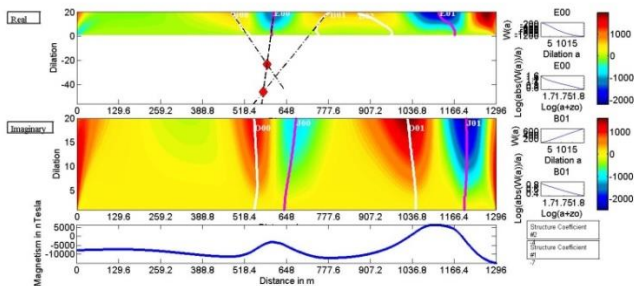
Gambar 2 Visualisasi koefisien real turunan ke-1 horisontal dengan 2 titik anomali pada sayatan AA'.



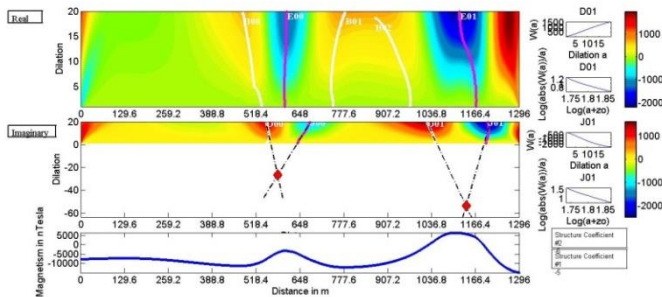
Gambar 3 Visualisasi koefisien imajiner turunan ke-1 horisontal dengan 1 titik anomali pada sayatan AA'.



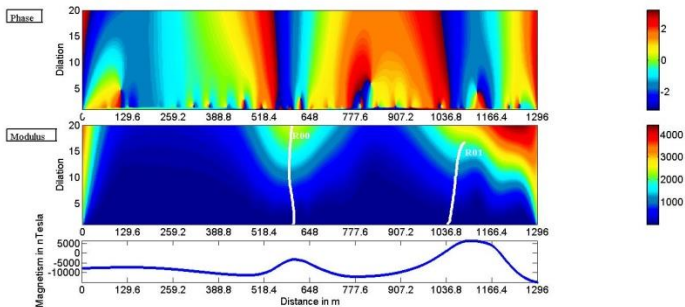
Gambar 4 Visualisasi fase dan modulus turunan ke-2 horisontal sayatan AA'.



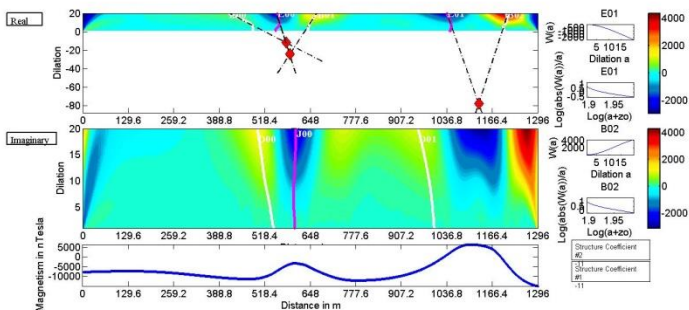
Gambar 5 Visualisasi koefisien real turunan ke-2 horisontal dengan 1 titik anomali pada sayatan AA'.



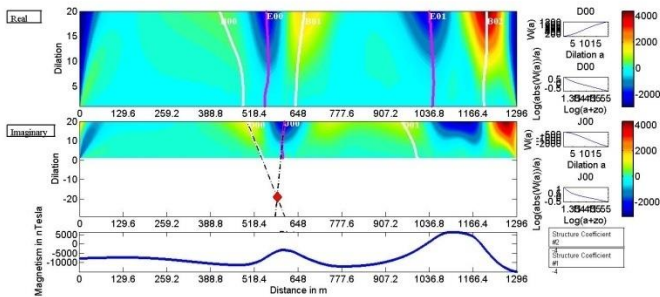
Gambar 6 Visualisasi koefisien imajiner turunan ke-2 horisontal dengan 2 titik anomali pada sayatan AA'.



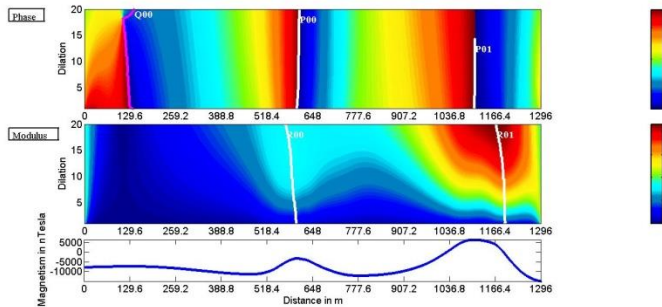
Gambar 7 Visualisasi fase dan modulus turunan ke-3 horisontal sayatan AA'.



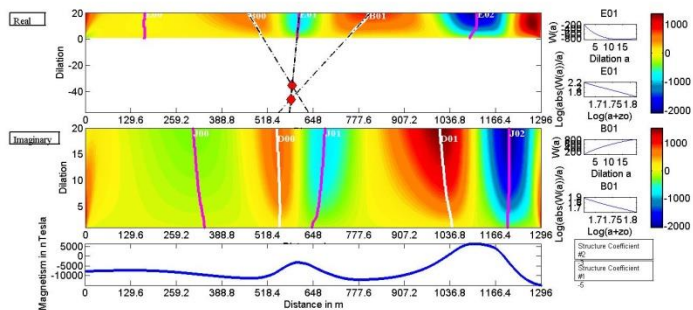
Gambar 8 Visualisasi koefisien real turunan ke-3 horisontal dengan 2 titik anomali pada sayatan AA'.



Gambar 9 Visualisasi koefisien imajiner turunan ke-3 horizontal dengan 1 titik anomali pada sayatan AA'.

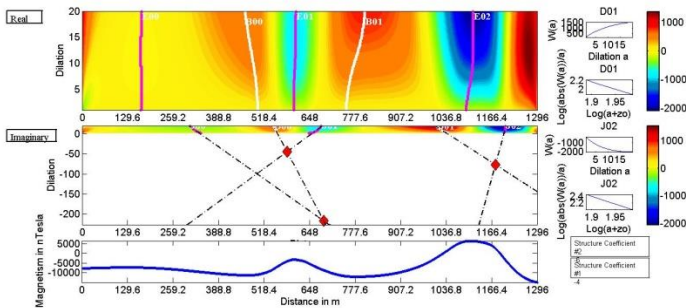


Gambar 10 Visualisasi fase dan modulus turunan ke-1 vertikal sayatan AA'.

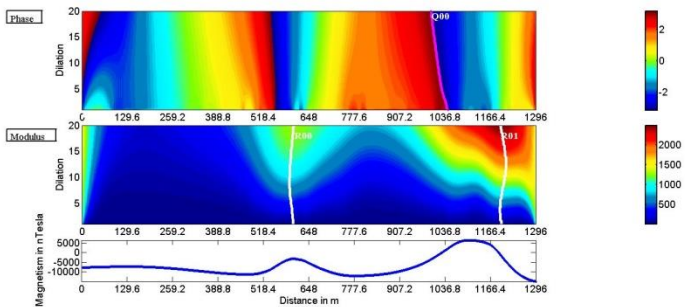


Gambar 11 Visualisasi koefisien real turunan ke-1 vertikal dengan 2 titik anomali pada sayatan AA'.

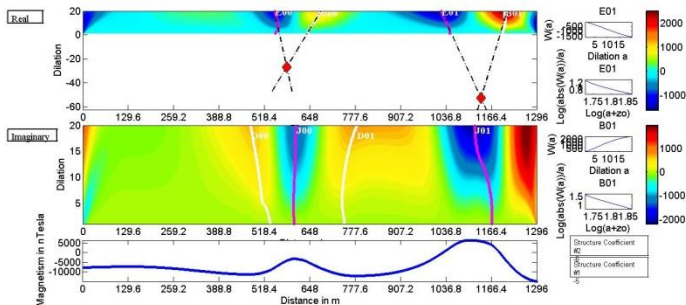




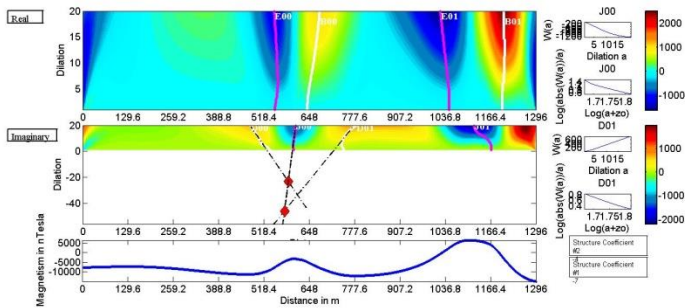
Gambar 12 Visualisasi koefisien imajiner turunan ke-1 vertikal dengan 3 titik anomali pada sayatan AA'.



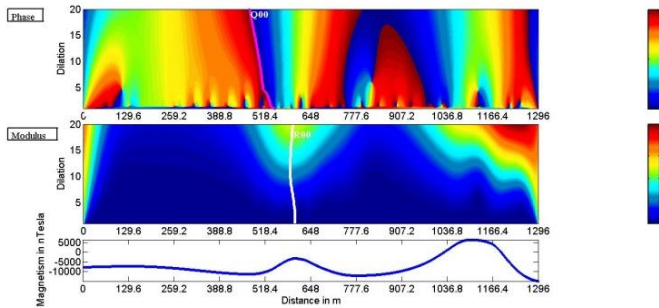
Gambar 13 Visualisasi fase dan modulus turunan ke-2 vertikal sayatan AA'.



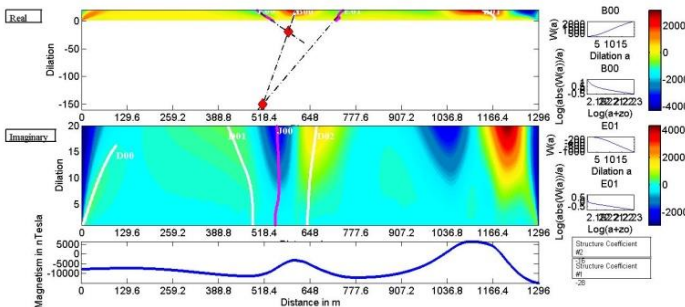
Gambar 14 Visualisasi koefisien real turunan ke-2 vertikal dengan 2 titik anomali pada sayatan AA'.



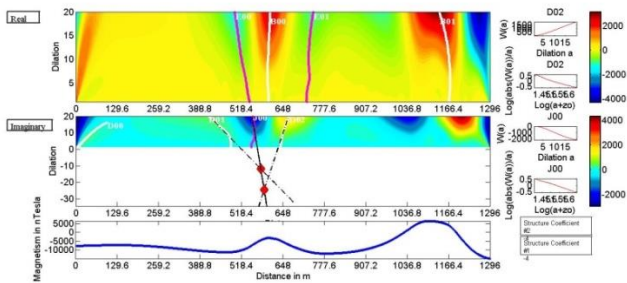
Gambar 15 Visualisasi koefisien imajiner turunan ke-2 vertikal dengan 2 titik anomali pada sayatan AA'.



Gambar 16 Visualisasi fase dan modulus turunan ke-3 vertikal sayatan AA'.

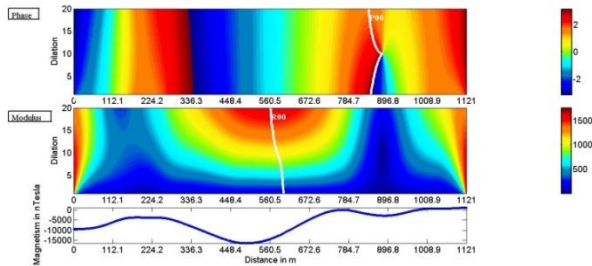


Gambar 17 Visualisasi koefisien real turunan ke-3 vertikal dengan 2 titik anomali pada sayatan AA'.

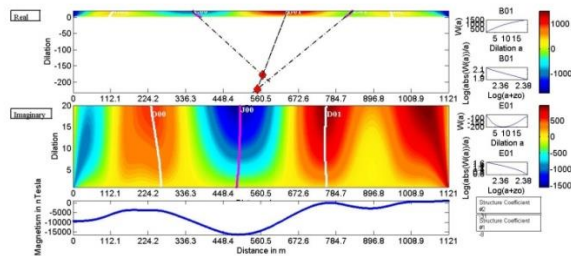


Gambar 18 Visualisasi koefisien imajiner turunan ke-3 vertikal dengan 2 titik anomali pada sayatan AA'.

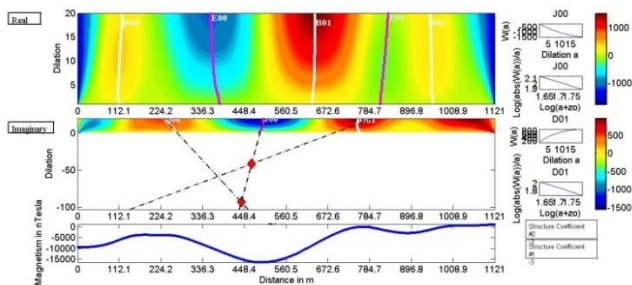
## Lampiran 2. Hasil Pengolahan dengan Menggunakan CWT pada Sayatan BB'



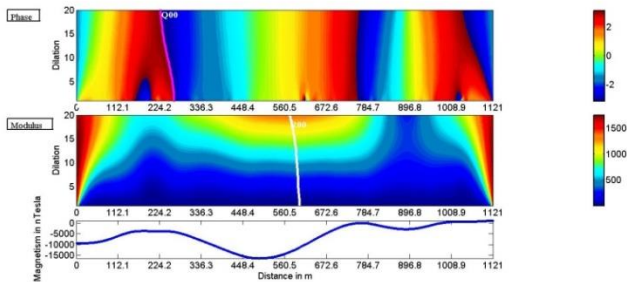
Gambar 19 Visualisasi fase dan modulus turunan ke-1 horisontal sayatan BB'.



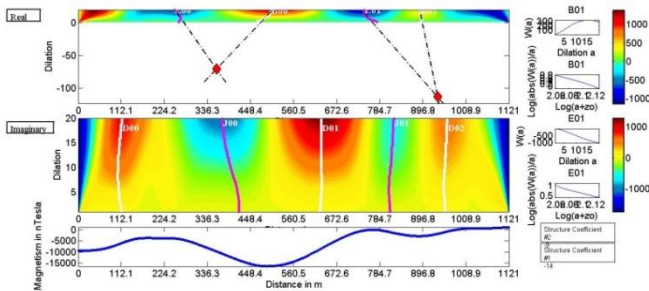
Gambar 20 Visualisasi koefisien real turunan ke-1 horisontal dengan 2 titik anomali pada sayatan BB'.



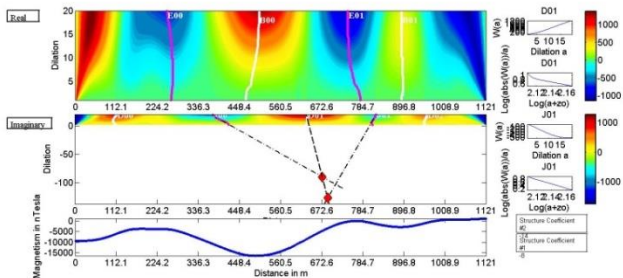
Gambar 21 Visualisasi koefisien imajiner turunan ke-1 horisontal dengan 2 titik anomali pada sayatan BB'.



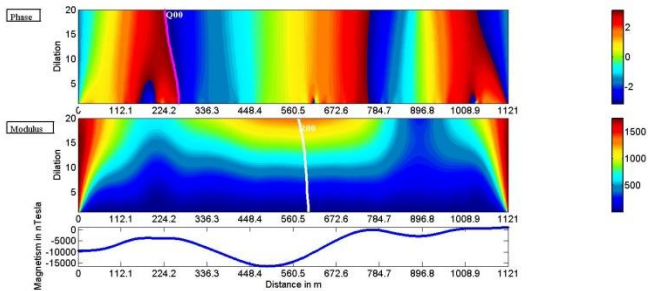
Gambar 22 Visualisasi fase dan modulus turunan ke-2 horisontal sayatan BB'.



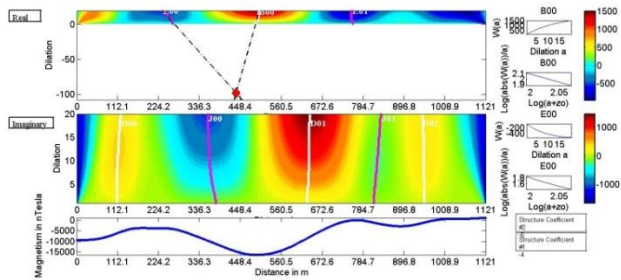
Gambar 23 Visualisasi koefisien real turunan ke-2 horisontal dengan 2 titik anomali pada sayatan BB'.



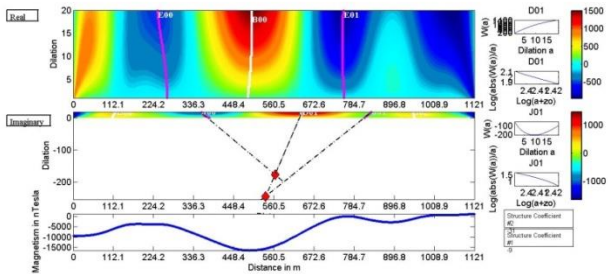
Gambar 24 Visualisasi koefisien imajiner turunan ke-2 horisontal dengan 2 titik anomali pada sayatan BB'.



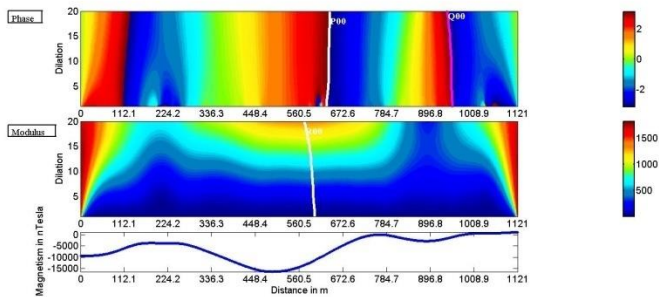
Gambar 25 Visualisasi fase dan modulus turunan ke-1 vertikal sayatan BB'.



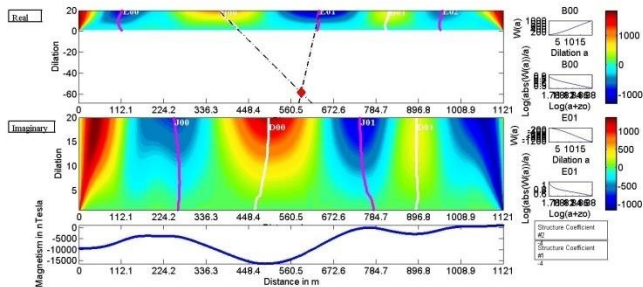
Gambar 26 Visualisasi koefisien real turunan ke-1 vertikal dengan 1 titik anomali pada sayatan BB'.



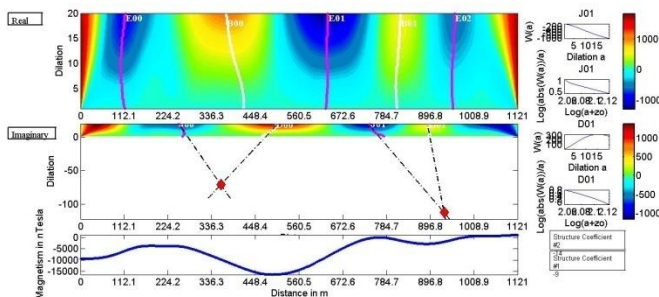
Gambar 27 Visualisasi koefisien imajiner turunan ke-1 vertikal dengan 2 titik anomali pada sayatan BB'.



Gambar 28 Visualisasi fase dan modulus turunan ke-2 vertikal sayatan BB'.



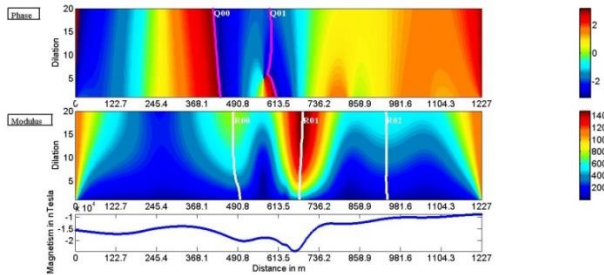
Gambar 29 Visualisasi koefisien real turunan ke-2 vertikal dengan 1 titik anomali pada sayatan BB'.



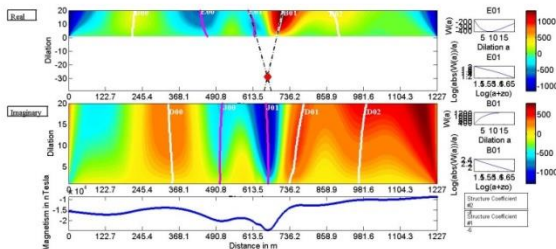
Gambar 30 Visualisasi koefisien imajiner turunan ke-2 vertikal dengan 2 titik anomali pada sayatan BB'.



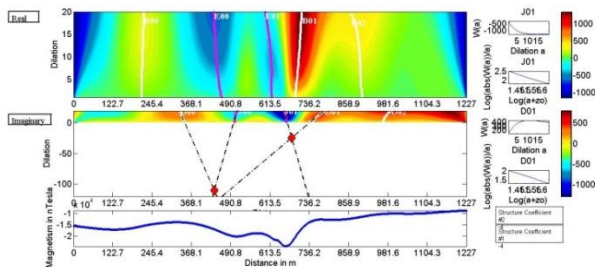
### Lampiran 3. Hasil Pengolahan dengan Menggunakan CWT pada Sayatan CC'



Gambar 31 Visualisasi fase dan modulus turunan ke-1 horisontal sayatan CC'.

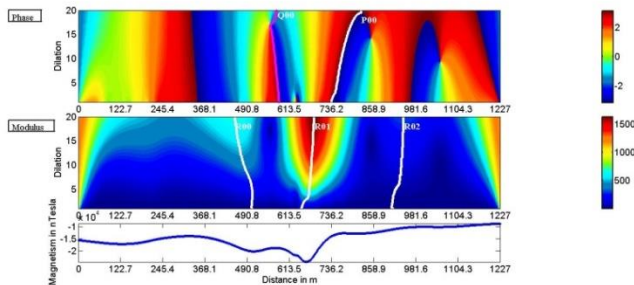


Gambar 32 Visualisasi koefisien real turunan ke-1 horisontal dengan 2 titik anomali pada sayatan CC'.

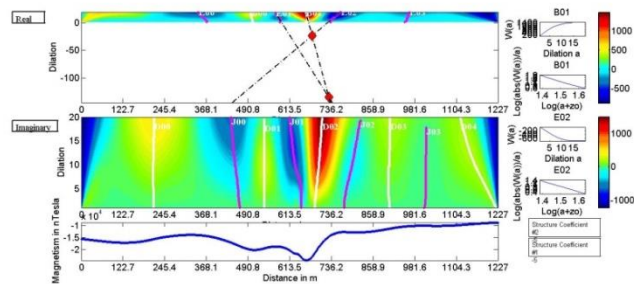


Gambar 33 Visualisasi koefisien imajiner turunan ke-1 horisontal dengan 2 titik anomali pada sayatan CC'.

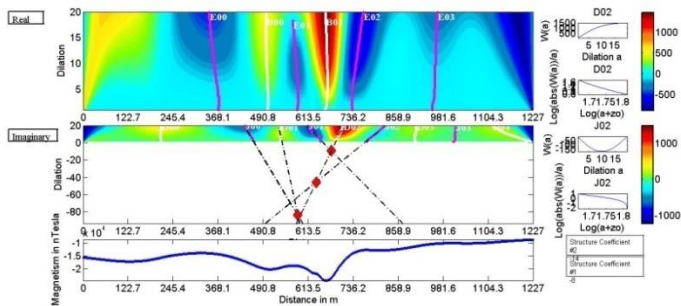




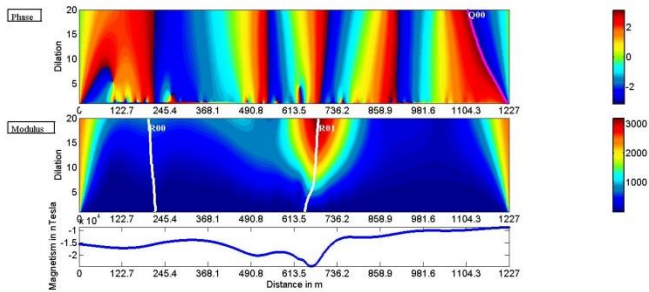
Gambar 34 Visualisasi fase dan modulus turunan ke-2 horisontal sayatan CC'.



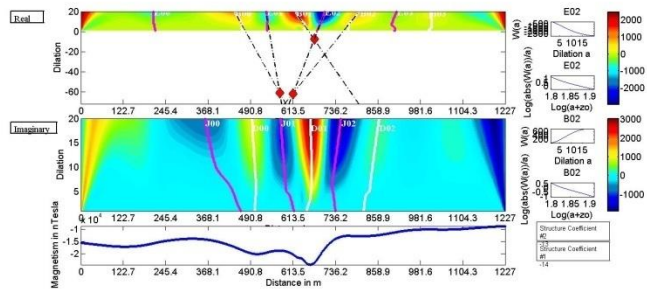
Gambar 35 Visualisasi koefisien real turunan ke-2 horisontal dengan 2 titik anomali pada sayatan CC'.



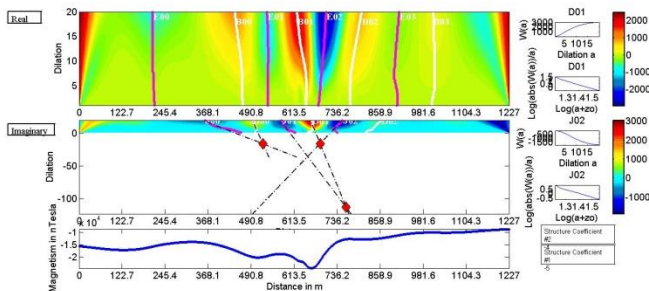
Gambar 36 Visualisasi koefisien imajiner turunan ke-2 horisontal dengan 3 titik anomali pada sayatan CC'.



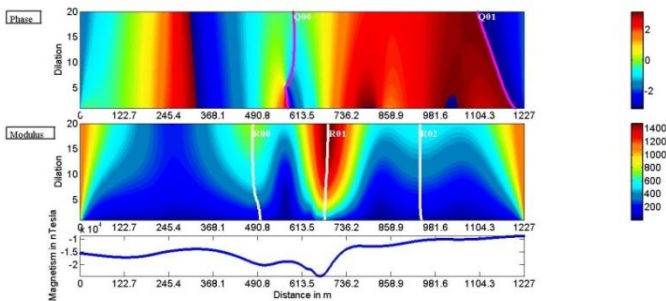
Gambar 37 Visualisasi fase dan modulus turunan ke-3 horisontal sayatan CC'.



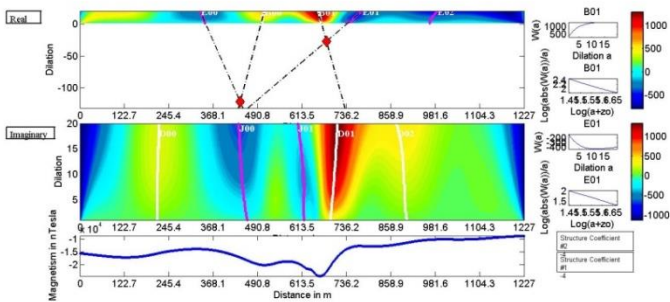
Gambar 38 Visualisasi koefisien real turunan ke-3 horisontal dengan 3 titik anomali pada sayatan CC'.



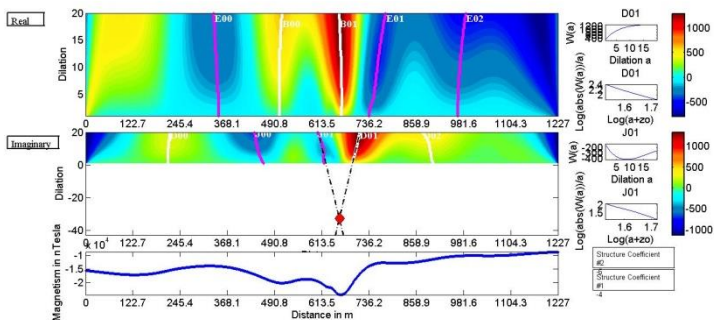
Gambar 39 Visualisasi koefisien imajiner turunan ke-3 horisontal dengan 3 titik anomali pada sayatan CC'.



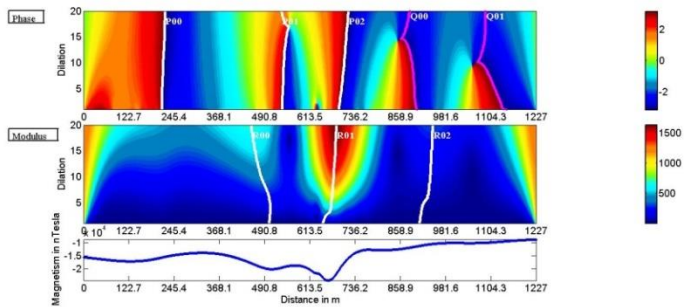
Gambar 40 Visualisasi fase dan modulus turunan ke-1 vertikal sayatan CC'.



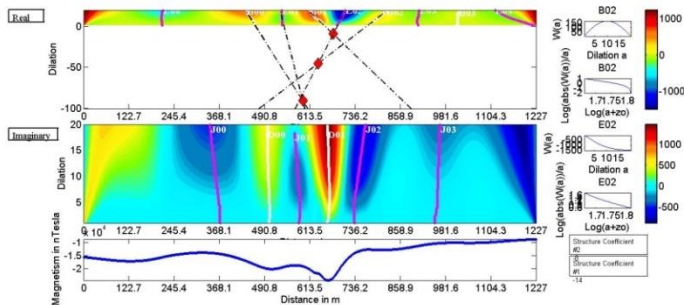
Gambar 41 Visualisasi koefisien real turunan ke-1 vertikal dengan 2 titik anomali pada sayatan CC'.



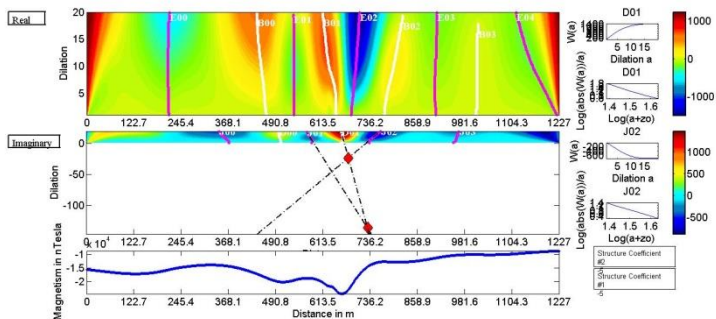
Gambar 42 Visualisasi koefisien imajiner turunan ke-1 vertikal dengan 1 titik anomali pada sayatan CC'.



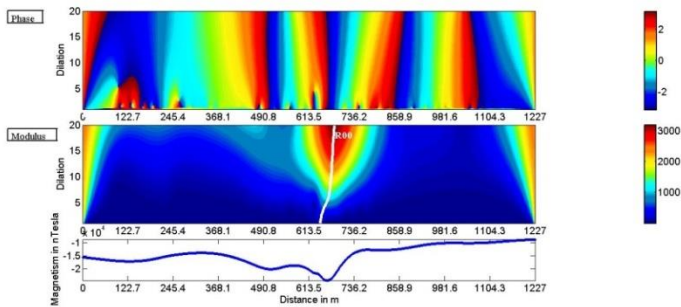
Gambar 43 Visualisasi fase dan modulus turunan ke-2 vertikal sayatan CC'.



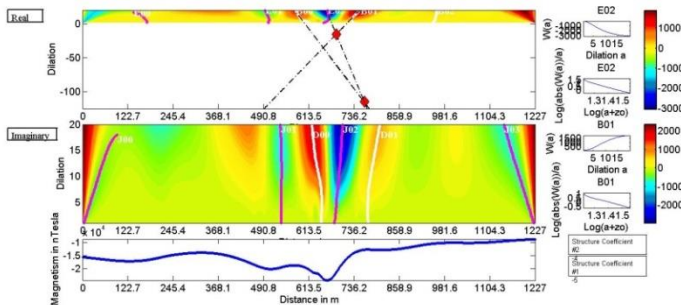
Gambar 44 Visualisasi koefisien real turunan ke-2 vertikal dengan 3 titik anomali pada sayatan CC'.



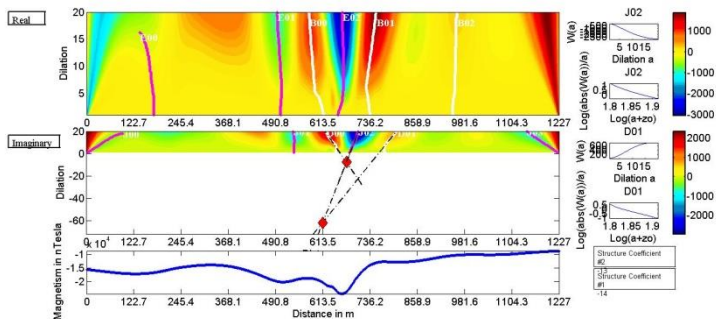
Gambar 45 Visualisasi koefisien imajiner turunan ke-2 vertikal dengan 2 titik anomali pada sayatan CC'.



Gambar 46 Visualisasi fase dan modulus turunan ke-3 vertikal sayatan CC'.

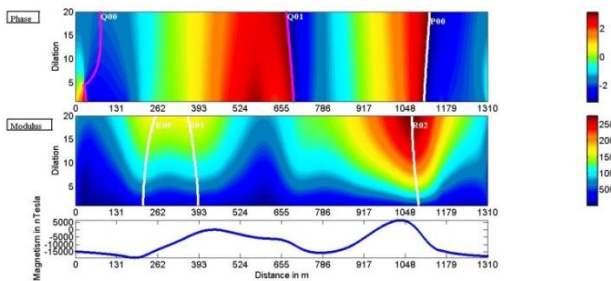


Gambar 47 Visualisasi koefisien real turunan ke-3 vertikal dengan 2 titik anomali pada sayatan CC'.

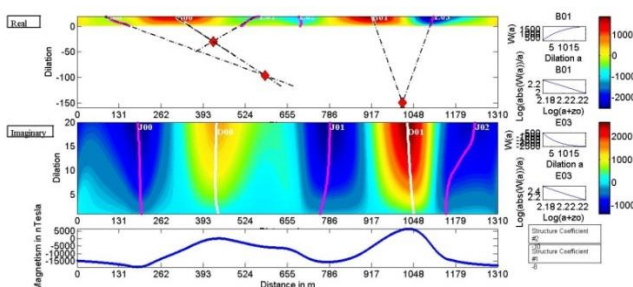


Gambar 48 Visualisasi koefisien imajiner turunan ke-3 vertikal dengan 2 titik anomali pada sayatan CC'.

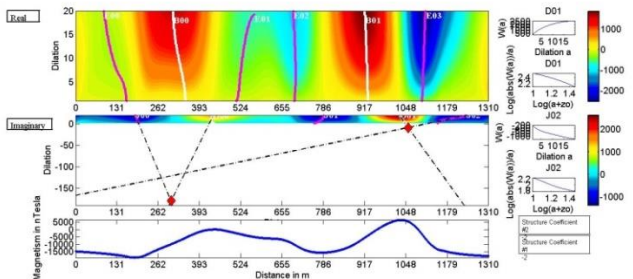
Lampiran 4. Hasil Pengolahan dengan Menggunakan CWT pada Sayatan DD’



Gambar 49 Visualisasi fase dan modulus turunan ke-1 horisontal sayatan DD’.

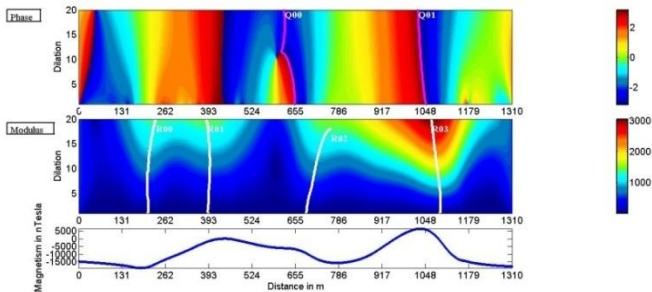


Gambar 50 Visualisasi koefisien real turunan ke-1 horisontal dengan 3 titik anomali pada sayatan DD’.

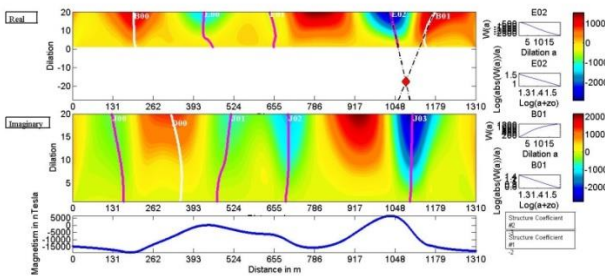


Gambar 51 Visualisasi koefisien imajiner turunan ke-1 horisontal dengan 2 titik anomali pada sayatan DD’.

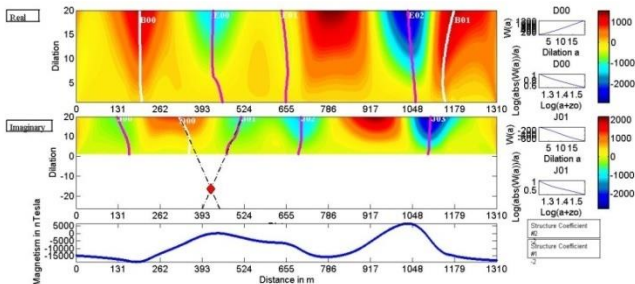




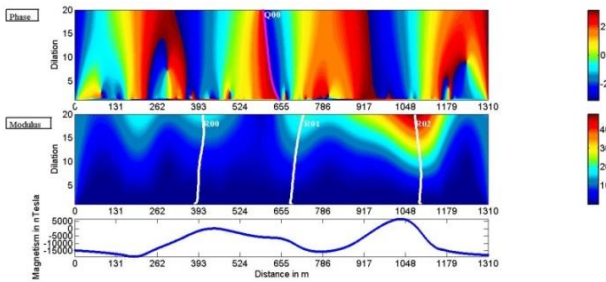
Gambar 52 Visualisasi fase dan modulus turunan ke-2 horisontal sayatan DD'.



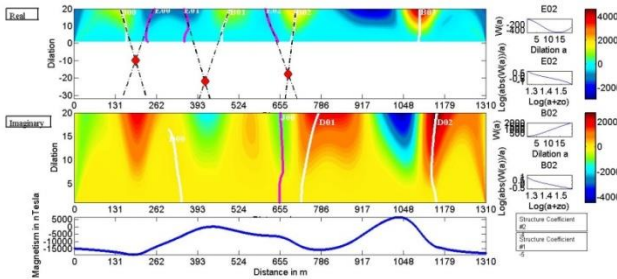
Gambar 53 Visualisasi koefisien real turunan ke-2 horisontal dengan 1 titik anomali pada sayatan DD'.



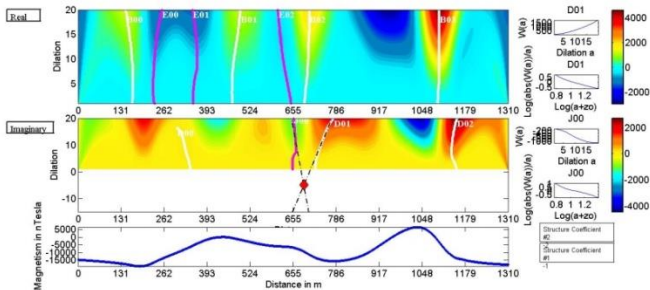
Gambar 54 Visualisasi koefisien imajiner turunan ke-2 horisontal dengan 1 titik anomali pada sayatan DD'.



Gambar 55 Visualisasi fase dan modulus turunan ke-3 horisontal sayatan DD'.

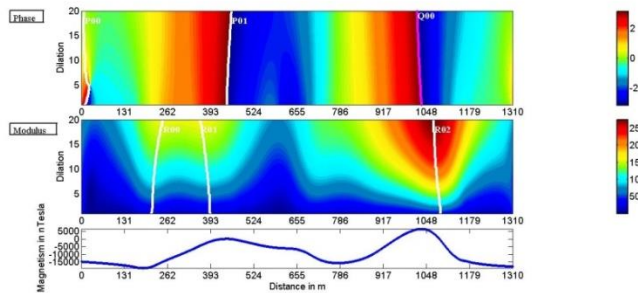


Gambar 56 Visualisasi koefisien real turunan ke-3 horisontal dengan 2 titik anomali pada sayatan DD'.

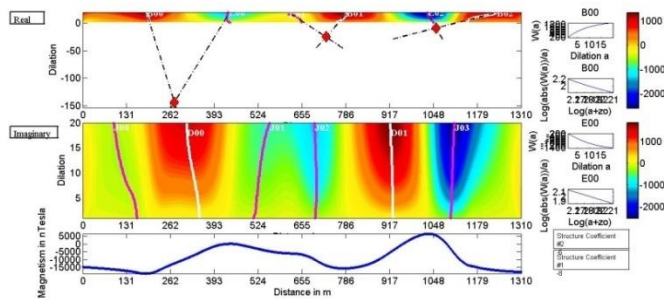


Gambar 57 Visualisasi koefisien imajiner turunan ke-3 horisontal dengan 1 titik anomali pada sayatan DD'.

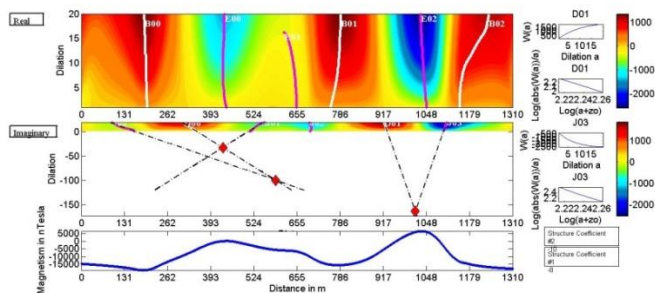




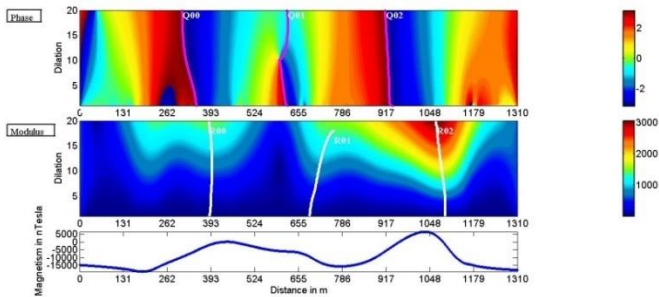
Gambar 58 Visualisasi fase dan modulus turunan ke-1 vertikal sayatan DD'.



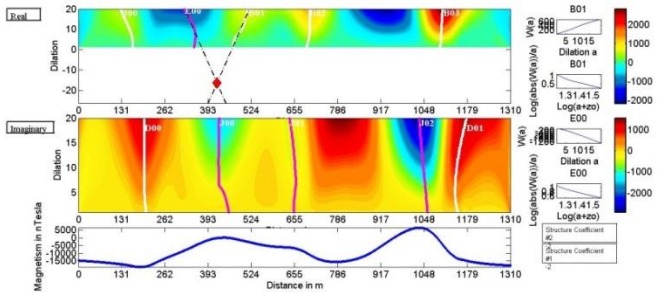
Gambar 59 Visualisasi koefisien real turunan ke-1 vertikal dengan 3 titik anomali pada sayatan DD'.



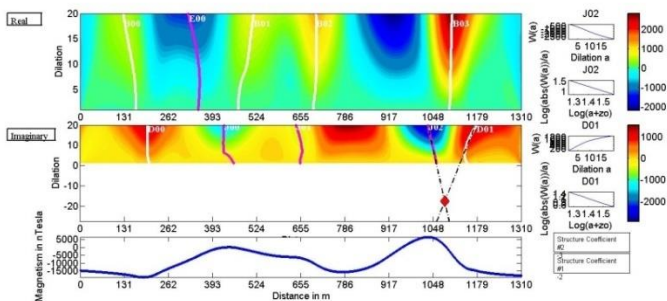
Gambar 60 Visualisasi koefisien imajiner turunan ke-1 vertikal dengan 3 titik anomali pada sayatan DD'.



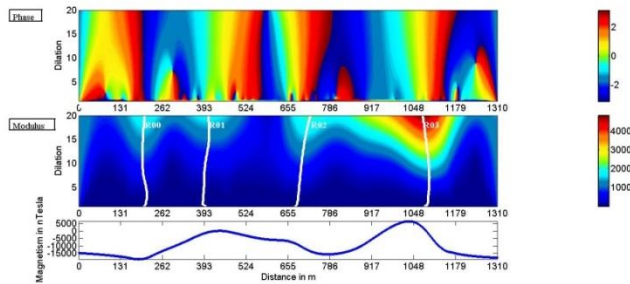
Gambar 61 Visualisasi fase dan modulus turunan ke-2 vertikal sayatan  $DD'$ .



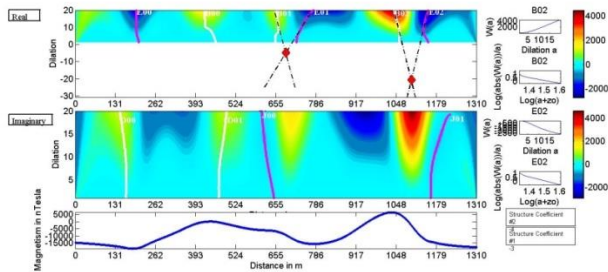
Gambar 62 Visualisasi koefisien real turunan ke-2 vertikal dengan 1 titik anomali pada sayatan  $DD'$ .



Gambar 63 Visualisasi koefisien imajiner turunan ke-2 vertikal dengan 1 titik anomali pada sayatan  $DD'$ .

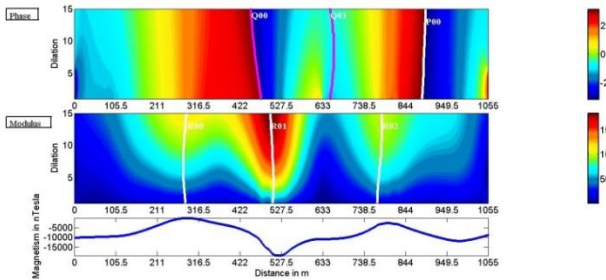


Gambar 64 Visualisasi fase dan modulus turunan ke-1 vertikal sayatan DD'.

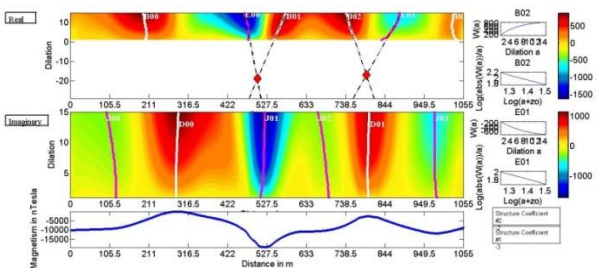


Gambar 65 Visualisasi koefisien real turunan ke-3 vertikal dengan 2 titik anomali pada sayatan DD'.

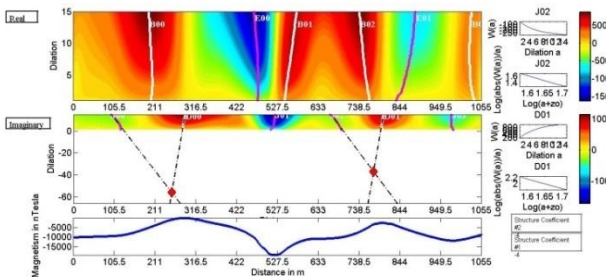
## Lampiran 5. Hasil Pengolahan dengan Menggunakan CWT pada Sayatan EE'



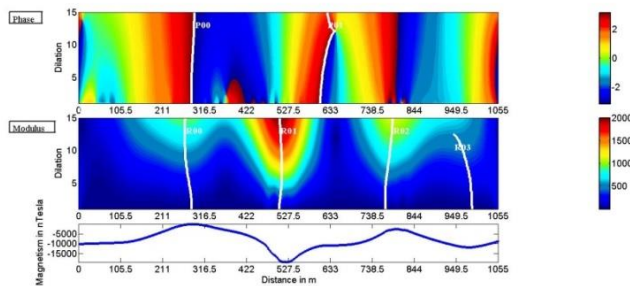
Gambar 66 Visualisasi fase dan modulus turunan ke-1 horisontal sayatan EE'.



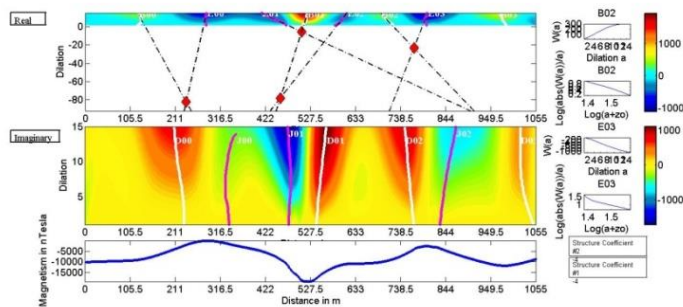
Gambar 67 Visualisasi koefisien real turunan ke-1 horisontal dengan 2 titik anomali pada sayatan EE'.



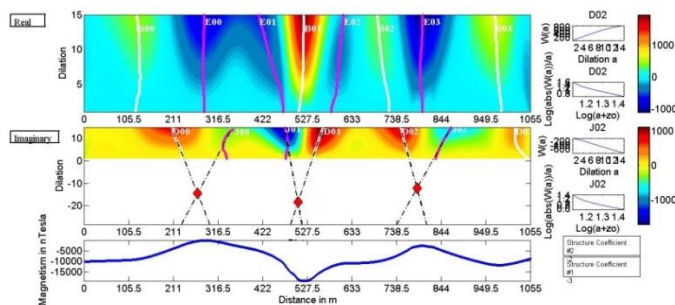
Gambar 68 Visualisasi koefisien imajiner turunan ke-1 horisontal dengan 2 titik anomali pada sayatan EE'.



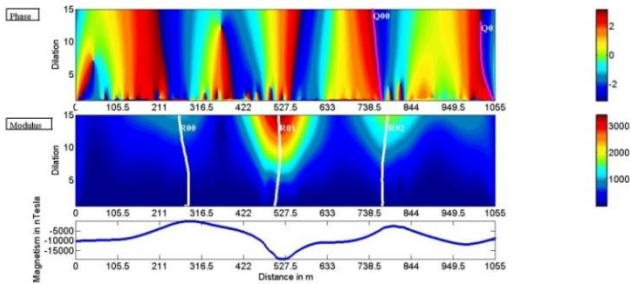
Gambar 69 Visualisasi fase dan modulus turunan ke-2 horisontal sayatan EE'.



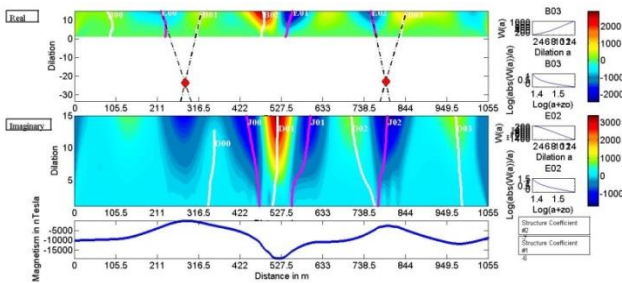
Gambar 70 Visualisasi koefisien real turunan ke-2 horisontal dengan 4 titik anomali pada sayatan EE'.



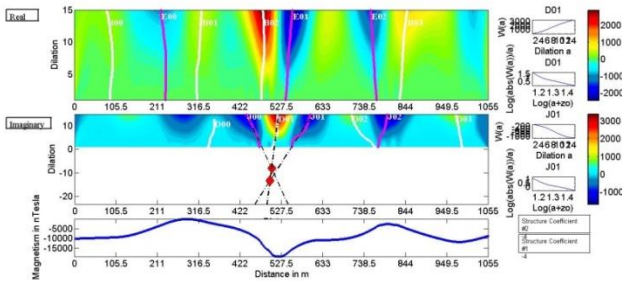
Gambar 71 Visualisasi koefisien imajiner turunan ke-2 horisontal dengan 3 titik anomali pada sayatan EE'.



Gambar 72 Visualisasi fase dan modulus turunan ke-3 horisontal sayatan EE'.

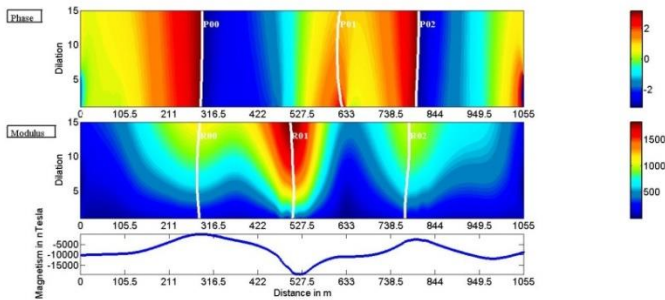


Gambar 73 Visualisasi koefisien real turunan ke-3 horisontal dengan 2 titik anomali pada sayatan EE'.

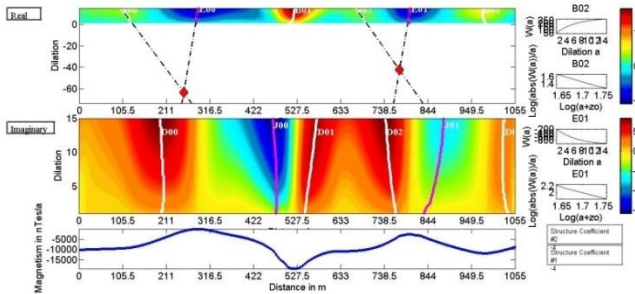


Gambar 74 Visualisasi koefisien imajiner turunan ke-3 horisontal dengan 2 titik anomali pada sayatan EE'.

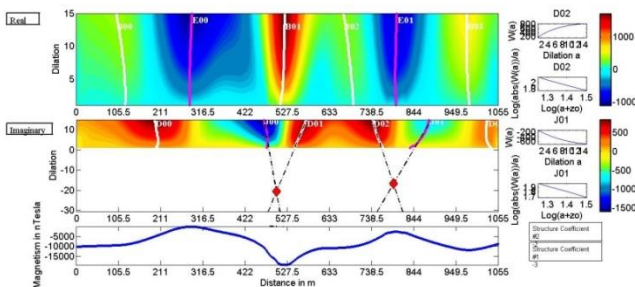




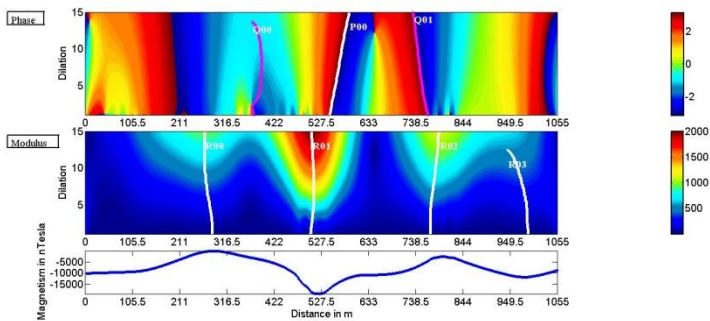
Gambar 75 Visualisasi fase dan modulus turunan ke-1 vertikal sayatan EE'.



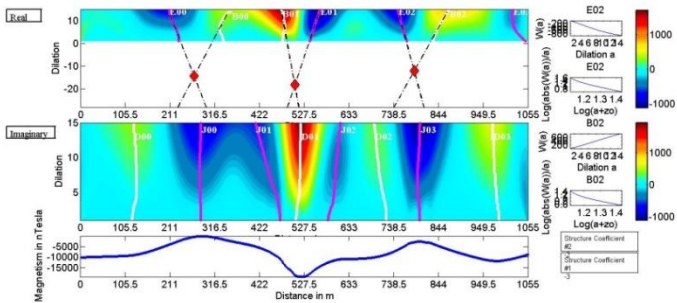
Gambar 76 Visualisasi koefisien real turunan ke-1 vertikal dengan 2 titik anomali pada sayatan EE'.



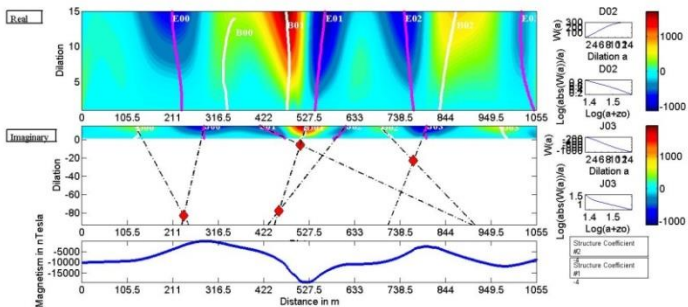
Gambar 77 Visualisasi koefisien imajiner turunan ke-1 vertikal dengan 2 titik anomali pada sayatan EE'.



Gambar 78 Visualisasi fase dan modulus turunan ke-2 vertikal sayatan EE'.

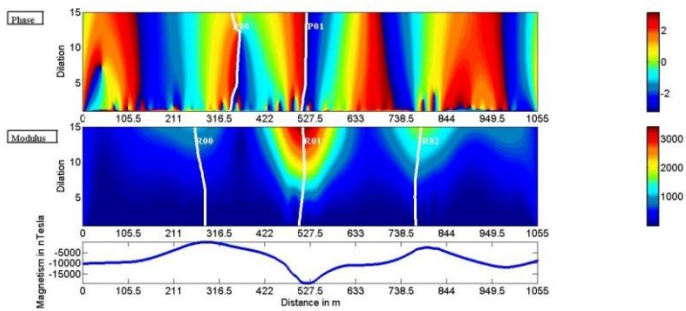


Gambar 79 Visualisasi koefisien real turunan ke-2 vertikal dengan 3 titik anomali pada sayatan EE'.

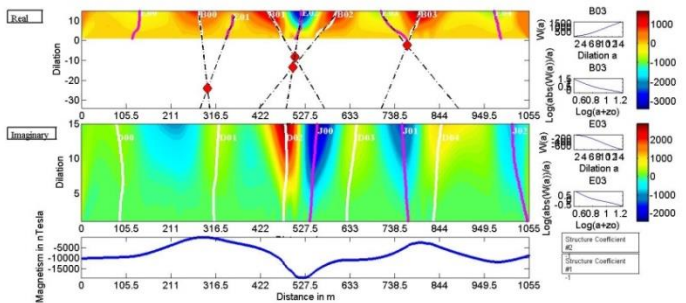


Gambar 80 Visualisasi koefisien imajiner turunan ke-2 vertikal dengan 4 titik anomali pada sayatan EE'.

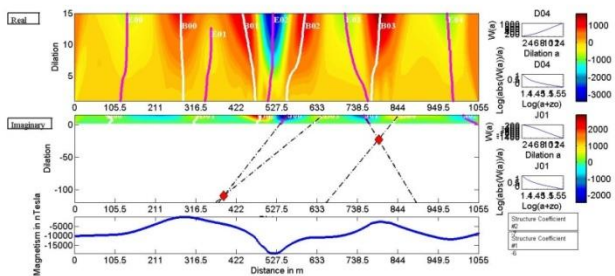




Gambar 81 Visualisasi fase dan modulus turunan ke-3 vertikal sayatan EE'.



Gambar 82 Visualisasi koefisien real turunan ke-3 vertikal dengan 4 titik anomali pada sayatan EE'.



Gambar 83 Visualisasi koefisien imajiner turunan ke-3 vertikal dengan 2 titik anomali pada sayatan EE'.

*“ halaman ini sengaja dikosongkan ”*

## BIODATA PENULIS



Shona Arum Fajartika lahir di Surabaya, Jawa Timur pada tanggal 3 Juli 1995. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan suami istri bernama Shokib Sp.d (Alm) dan Suli Gunawati Sp.d. Pendidikan dimulai pada TK Tribakti, Jetis Wetan, Kecamatan Wonocolo, Kota Surabaya, SD Negeri Margorejo I Kecamatan Wonocolo, Kota Surabaya (2001-2007), SMP Negeri 35 Kota Surabaya (2007-2010), SMA Negeri 17 Kota Surabaya (2010-2013). Kemudian penulis meneruskan pendidikan ke jenjang yang lebih tinggi di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya pada tahun 2013 hingga 2018.

Selama perkuliahan penulis pernah terlibat menjadi staff departemen Hubungan Luar Himpunan Mahasiswa Fisika ITS periode 2013/2015 dan anggota Society of Petroleum Engineers. Penulis juga terlibat dalam kepanitiaan yaitu INTERVAL, Pekan Olahraga Mahasiswa ITS.

Di tahun 2016 penulis berkesempatan untuk bekerja Praktik di PT Pertamina Hulu Energi West Madura Offshore (Persero) di bagian Eksplorasi dan Eksploitasi. Pada masa kerja praktek penulis memilih untuk mempelajari interpretasi seismik menggunakan *software* Petrel.